L'ÂGE DES LOW TECH

Philippe Bihouix

Vers une civilisation techniquement soutenable

ANTHROPOCÈNE
SEUIL

SHOUT
SHARE
IT

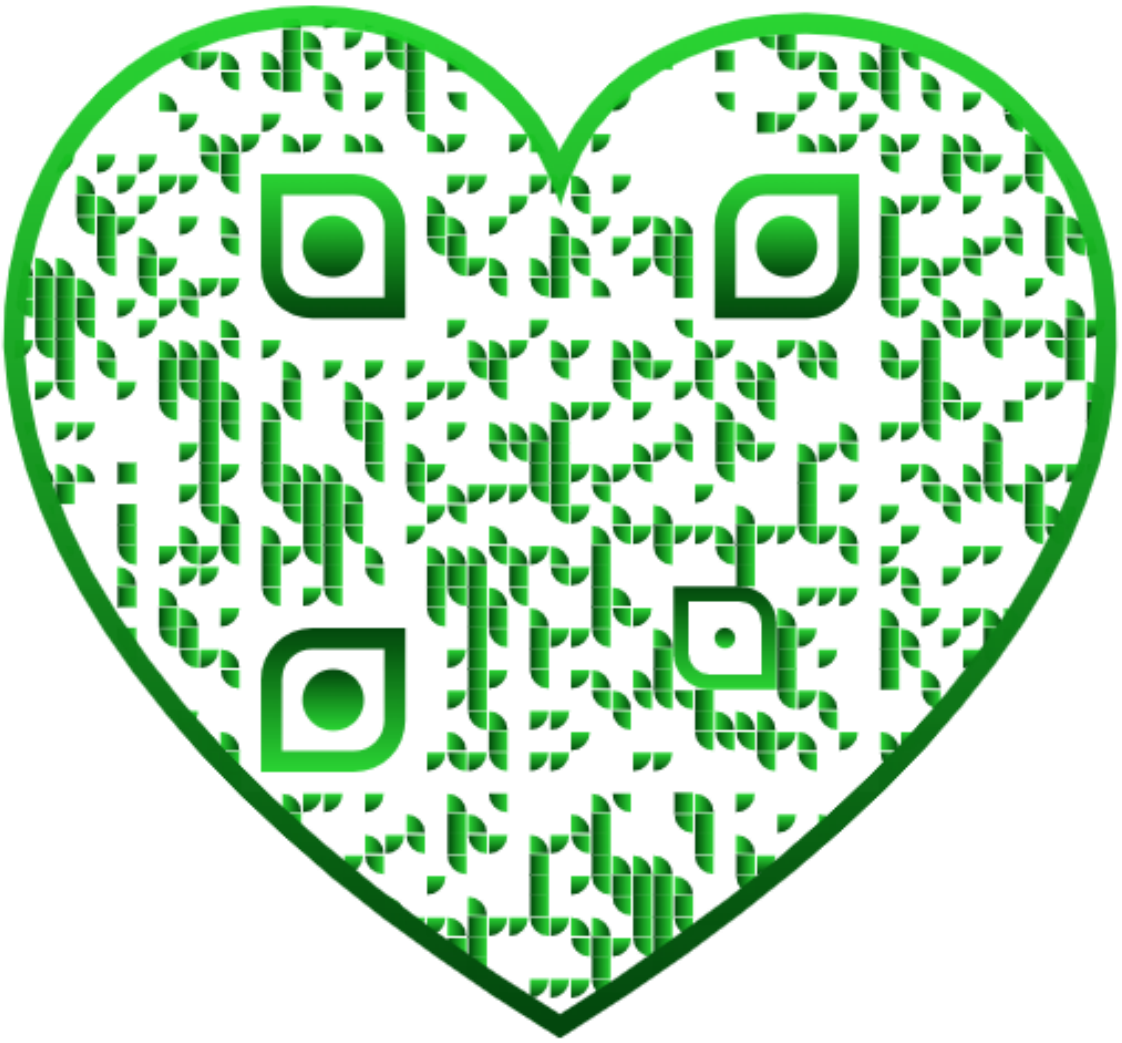


Figure 1 - Un jour en France... Consommation apparente et rejets, chaque jour, pour chaque Français(e)

Hors solde des importations/exportations via les produits semi-finis et finis.

(Sources : IFEN, ADEME, ministères.)

Philippe Bihouix

L'Âge des low-tech

Vers une civilisation techniquement soutenable

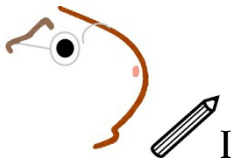
2014

Edition de référence :

BIHOUIX Philippe, *L'âge des low-tech : vers une civilisation techniquement soutenable*, Paris, Seuil, 2014

(parution originale)

Le mot du cobaye



Il s'agit pour nous de diffuser des ouvrages intéressants et utiles ou rares sans aucun autre but que de faire de nous des cobayes *lettrés* et *critiques*, dans un sens différent de la pseudo-critique circulaire émanant des analyses d'une « littérature » qui rôde autour de nos cages, et qui ne fait rien de plus que nous enfermer en nous faisant croire que nous sommes dehors.

Ce livre provenant d'une OCR, certaines erreurs ayant échappé aux relectures sont possibles. Les notes, titres et italiques, ont entièrement été ajoutées et mises en forme à la main, pour une question de précision et de qualité. La pagination est partielle (de 5 en 5), mais permet un repérage facile par rapport à l'édition de référence.

Table des matières

Le mot du cobaye 3

Table des matières 4

Prologue : La folle valse des crevettes 9

Acte I : Grandeur et décadence des « ingénieurs thaumaturges » 16

Comment la technique a (toujours) répondu à la pénurie de ressources 17

Migrer, échanger ou inventer 19

L'énergie d'abord 20

Nuée de criquets sur les métaux 22

Des ressources renouvelables à la chimie industrielle 24

Animaux et végétaux 25

Naissance de la chimie minérale 27

Explosion de la chimie organique 29

De la pierre au béton 31

Les murs, les structures les routes 32

Le bois 33

Production et stockage des aliments 34

Changement d'échelle avec la conteneurisation 36

Le grand tournant 37

Pourquoi les high tech n'y répondront pas cette fois 38

Qualité et accessibilité des ressources : rendement énergétique et « peak everything » 40

Qualité des ressources énergétiques 41

Du peak oil au peak everything 43

Limites de l'économie circulaire 44

Emballement de la croissance « verte » 46
Effet parc et effet rebond 47
Problème d'échelle : l'effet parc 47
Exemple des énergies renouvelables 49
Effet rebond et emballement des besoins 51
Les contraintes engendrées par l'innovation elle-même 52
Effet système et rendements décroissants 53
En finir avec les dernières tartes à la crème high tech 54
La « bioéconomie » 55
Les nanotechnologies 60
L'économie 2.0 et la dématérialisation de l'économie 62
Mirages passés de la dématérialisation 63
Vers l'économie de la fonctionnalité ? 64
Les imprimantes 3D 64
L'industrie 2.0, secteur secondaire ou tertiaire ? 66
La triple impasse de la société « extractiviste », productiviste et consumériste 67
Acte II : Principes des basses technologies 70
Remettre en cause les besoins 71
À la source, tous les maux 73
Premières suggestions liberticides 74
Concevoir et produire réellement durable 78
Relocalisation, « réparabilité » locale et convivialité 79
Bonne et mauvaise standardisations ? 81
Produits jetables et consommables 82
Orienter le savoir vers l'économie de ressources 84
Rechercher l'équilibre entre performance et convivialité 86
Relocaliser sans perdre les (bons) effets d'échelle 89
Les industries de procédés 89

Les manufactures 92
Les industries de réseau 96
« Démachiniser » les services 100
Savoir rester modeste 103
Acte III : La vie quotidienne au temps des basses tehnologies 106
Agriculture et agroalimentaire 107
Les enjeux 107
Productivité et rendement agricoles 108
Les fausses promesses des OGM 110
Quelles orientations ? 111
9 milliards et moi, et moi, et moi 114
La délicate question du retour à la terre des nutriments 115
Et pour le vendredi ? 117
Du côté de la distribution et de la consommation 117
Transports et automobile 118
Les enjeux 119
Le vélo, la vraie « voiture propre « ! 119
Transports collectifs. Ceux qui m'aiment baisseront la vitesse du train 124
Bâtiment et urbanisme 125
Les enjeux 125
Réduction des besoins 127
Éloge de la lenteur. Low tech = slow tech ? 129
Produits de consommation, sports et loisirs, tourisme 130
Les objets du quotidien 130
Les produits d'hygiène, les cosmétiques 132
Les sports et les divertissements 133
Le tourisme et les voyages 135
Les produits « de luxe » 136

Apprendre à faire les bons choix 138
Nouvelles technologies, informatique et communication 138
L'enjeu : ne pas jeter bébé avec l'eau du bain ? 138
L'aspect bien matériel des nouvelles technologies 139
Limites de la démesure ? 141
Des pistes de solution, des gisements d'économie énormes 142
Conclusion 146
Banque et finances 147
La question de l'usure 147
L'argent et la dette dans nos sociétés 148
Premier aparté : vain débat sur les retraites 149
Deuxième aparté : pourquoi l'on ne démantèlera pas les centrales nucléaires 150
Effet d'emballement 151
Alors, quelles orientations ? 152
Ballet du troisième acte : aimer, vivre et mourir à basses technologies 152
L'amour 153
La délicate question démographique 154
Guide de la mort écologique 156
Quand la poubelle disparaîtra 157
Et l'énergie dans tout ça ? 162
Prendre la mesure de la transition nécessaire 162
Du bon usage des énergies (vraiment) renouvelables 163
Acte IV : La transition est-elle possible ? 166
Impossible statu quo ? 166
Quelques analyses possibles de la situation 167
Statu quo impossible 169
Entre attentisme, fatalisme et « survivalisme » 170
La question majeure de l'emploi 174

Hommage à George Orwell 175
Tentative de robinsonnade 176
Détail critique : la balance des paiements 178
Je consomme, donc je crée des emplois... 179
Quel bilan ? 180
La question de l'échelle : les leçons de l'abolitionnisme anglais 184
La question de la mutation culturelle et morale 189
Du système de valeur : retour en grâce des métiers manuels 189
Sur le contenu et les objectifs de l'enseignement 190
Comment rendre la transition désirable : vive les low tech. 192
Catastrophisme éclairé... 192
... ou magie des lucioles ! 193
Finir sur une note positive 194
Épilogue : Rêve s'il en fut jamais 196
Remerciements 201

Prologue : La folle valse des crevettes

LA FOLLE VALSE DES CREVETTES

[9] Mai 1940. Les colonnes de blindés allemands ont enfoncé les lignes françaises et la population effrayée se jette en masse sur les routes qui s'encombrent rapidement. De son avion d'observation, envoyé en missions désespérées sur les lignes ennemies pour récolter des renseignements que personne n'exploitera, Antoine de Saint-Exupéry contemple le gâchis de la débâcle : « Les vieilles autos surtout sont pitoyables. Un cheval bien d'aplomb entre les brancards d'une charrette donne une sensation de santé. Un cheval n'exige point de pièces de rechange. Une charrette, avec trois clous on la répare. Mais tous ces vestiges d'une ère mécanique, ces assemblages de pistons, de soupapes, de magnétos et d'engrenages, jusqu'à quand fonctionneront-ils ? »[1]

Pardonnez-moi, mon cher « Saint-Ex », de vous propulser par cette unique réflexion, vous l'aviateur intrépide nécessairement confiant dans la technique de pointe, précurseur des *low tech*, des *basses technologies*. Mais vous l'aurez cherché, en [10] proposant d'abandonner ces autos hier pimpantes pour revenir à des charrettes à cheval ! Surtout, rien ne résume mieux, pour moi, la question cruciale qui se pose à notre société industrielle. Il suffirait de remplacer mécanique par électronique, pistons et soupapes par transistors et condensateurs... et votre vision fulgurante, si évidente, retrouverait toute sa fraîcheur. Notre monde ultra-technicisé, spécialisé, globalisé pourrait-il résister à une débâcle, que celle-ci vienne de la raréfaction des réserves énergétiques et métalliques facilement accessibles, des conséquences de la pollution — changement climatique en tête — ou d'une nouvelle crise financière et économique plus aiguë que celle en cours ?

Cet ouvrage développe en effet la thèse, iconoclaste j'en conviens, qu'au lieu de chercher une sortie « par le haut » aux impasses environnementales et sociétales actuelles avec toujours plus d'innovation, de hautes technologies, de métiers à valeur ajoutée, de numérique, de compétitivité, de haute performance, de travail en réseau, bref, de *développement durable*, de *croissance verte* et *d'économie 2.0*, nous devons au contraire nous orienter, au plus vite et à marche forcée, vers une société essentiellement basée sur des basses technologies, sans doute

plus rudes et basiques, peut-être un peu moins performantes, mais nettement plus économes en ressources et maîtrisables localement.

Mais avant d'entrer dans le vif du sujet, il me semble que je vous dois quelques explications sur ce qui m'a amené à de telles réflexions. Rien ne me prédestinait *a priori* à ruer dans les brancards de ma charrette à trois clous, ni à prendre à contre-pied la majorité de mes confrères ingénieurs, qui ne jurent que par les *high tech*, la recherche et développement, l'innovation, bref, le progrès au sens où on l'entend aujourd'hui, et que l'on n'arrête d'ailleurs pas, comme le veut l'adage populaire.

Né deux ans après le premier alunissage, mon enfance, comme tous ceux de cette génération, fut bercée d'exploits scientifiques ou technologiques divers, rythmée par les films de science-fiction et régulièrement abreuvée de produits « révolutionnaires » : l'année de mes dix ans, la navette spatiale *Columbia* décollait de Cap Canaveral — le poster est encore affiché dans ma chambre d'enfant ! — et quelques mois plus tard *Paris Match* publiait les superbes images de Saturne transmises par la sonde *Voyager 2*. Au début des années 1980 commença le déferlement de l'électronique grand public, avec les calculatrices, les premières montres japonaises à affichage digital et leur pile bouton au lithium, les jeux vidéo de poche. Les collégiens que nous étions passaient des heures à programmer d'improbables casse-briques et autres *Space Invaders* à basse résolution, sur les premiers ordinateurs fournis par le ministère de l'Éducation nationale, dans le cadre, je suppose, d'un soutien à la technologie française et à la compagnie récemment nationalisée Thomson-Brandt (le processeur était un Motorola, mais bon) contre son grand rival de l'époque, Amstrad. Et, bientôt, des baladeurs Sony allaient nous faire connaître les premières joies de la *mobilité*.

Bref, la vie suivait son cours et le progrès son cheminement forcément linéaire. Il y avait bien eu quelques désillusions technologiques. Les revues de vulgarisation scientifique des années 1950 avaient annoncé un peu vite l'électricité presque gratuite dans le futur, des voitures ou des grille-pain nucléaires, et même des hélicoptères pour les déplacements urbains. Et contrairement aux prévisions, les avions Concorde ne sillonnaient pas les airs par centaines, les deux chocs pétroliers étant passés par là. Mais une information chassant l'autre, seuls quelques grincheux s'en souvenaient encore.

Tout n'était pas parfait bien sûr sur la planète, les pays en voie de développement ne se développaient pas beaucoup, mais tout le monde suspectait que c'était un peu leur faute quand même. La décolonisation était encore récente et les programmes de « transfert de technologie »

battaient leur plein sur fond de fin de guerre froide. Les populations du bloc soviétique semblaient un peu à la peine, mais cela donnait de formidables scénarios pour les films d'espionnage. Il y avait bien de la pollution, cependant elle restait encore localisée, en tout cas dans la perception des gens : oui, l'empoisonnement au mercure de la baie de Minamata était horrible, mais cela touchait finalement peu de personnes et c'était surtout bien loin. On aurait même dit que cette pollution locale, « chez nous », avait plutôt tendance à diminuer.

Ce qui était parfois le cas, car apparaissait un phénomène promis à un bel avenir : la désindustrialisation. Voyante dans certains cas (mines de charbon ou sidérurgie), elle touchait effectivement des secteurs à la pollution particulièrement visible, comme les hauts-fourneaux ou les usines métallurgiques, pour des raisons différentes. Dans le cas de la sidérurgie, il s'agissait plutôt d'une *rationalisation* de l'appareil productif, d'un ajustement à la baisse des capacités de production : on constatait déjà le tassement de la demande, car l'effort de reconstruction et les « Trente Glorieuses » étaient passés. Pour les mines de charbon, c'était plutôt la fermeture des sites non rentables. Mais, imperceptiblement, commençait également la désindustrialisation par délocalisation. Le *made in France* glissait vers d'autres horizons, suivant la pente dangereuse du *made in USA* qui, depuis les années 1970, se faisait laminer par les produits japonais. Les cités-États comme Hong Kong et Singapour démarraient leur *success story*, adossées à une Chine qui se préparait à devenir l'usine du monde.

Bon, vous connaissez la suite. Tandis que la chute du mur de Berlin faisait espérer des lendemains qui chantent, émergèrent dans le débat public les impacts globaux des activités humaines : le trou dans la couche d'ozone, la déforestation qui continuait à progresser à grands pas, partout, puis, bientôt, le changement climatique. Cette fois, la planète commençait vraiment à ne pas aller très fort. Cela fut un temps éclipsé par la première folie d'Internet et de la « dématérialisation de l'économie » au tournant des années 2000, mais la question revint rapidement en force. Souvenez-vous de Jacques Chirac à Johannesburg en 2002 avec son énorme : « Notre maison brûle, et nous regardons ailleurs. Nous ne pourrons pas dire que nous ne savions pas [...]».

Durant tout ce temps, j'avais résolu quelques équations un peu plus vite que d'autres et étais ainsi devenu un produit standard d'une méritocratie typiquement française, promis à un bel avenir dans les *arts et manufactures*, même si mon école d'ingénieurs commençait, comme d'autres, à fournir les bataillons de *traders*, financiers, auditeurs et autres consultants. Quelques années de parcours industriel me permirent de faire la découverte de la matérialité de notre système économique et de ses conséquences, des limites des approches « environnementales »,

ainsi que de certains effets de l'intégration européenne et mondiale en cours. La *folle valse des crevettes*, pêchées au Danemark et décortiquées au Maroc pour des raisons de coût de main-d'œuvre, ou le yaourt à la fraise dont les ingrédients parcouraient en 1992 plus de neuf mille kilomètres contribuèrent à construire chez moi un certain scepticisme sur la notion de progrès.

Heureusement, le concept de développement durable, formalisé par le rapport Bruntland en 1987, s'était entre-temps frayé un chemin en première ligne pour offrir les réponses aux défis planétaires, dans une déferlante institutionnelle et communicationnelle. Car, vous l'aurez remarqué comme moi, tout est à présent durable. Pas un produit qui ne soit « éco-conçu », pas un nouveau lotissement qui ne soit un « éco-quartier », pas un bâtiment d'importance qui ne soit « à basse consommation » ou « respectueux de l'environnement ». Même les [15] autoroutes, les aéroports et les courses de Formule 1 sont désormais proclamés écologiques, grâce aux crapauducs ou aux progrès réalisés pour des moteurs plus efficaces. Toutes les grandes entreprises et les collectivités locales pondent d'épais rapports — qui furent en papier glacé les premières années puis forcément « issus de sources durables » ensuite — afin de présenter leur stratégie « pour une croissance durable », étaler leur engagement pour la planète et présenter leurs indicateurs naturellement tous « au vert ». Voici venu le temps de « l'économie circulaire™» et de « l'écologie industrielle®», ô formidables oxymores, idoles des temps modernes !

Ah ça, on en a soupé depuis une bonne décennie, et j'ai peur que l'on n'en ait pas terminé. On en a coupé des arbres, brûlé du pétrole, pour nous expliquer que l'on allait mieux économiser l'un et mieux protéger les autres. Le discours du développement durable a été ânonné, déformé, détourné, usé jusqu'à la corde, ridiculisé, jusqu'à en vomir. Mais les faits sont têtus, et, comme tout ingénieur, j'aime les faits et les chiffres. Car on n'a tout simplement jamais autant produit, consommé, jeté — et de plus en plus vite. Les abeilles se réfugient dans les villes, préférant les suies des moteurs Diesel aux « molécules innovantes » de l'industrie chimique, pardon, « phytosanitaire ». Nos poubelles sont toujours plus pleines (ou, quand le poids baisse un peu, c'est la nocivité qui augmente) et les taux de recyclage progressent à une lenteur désespérante.

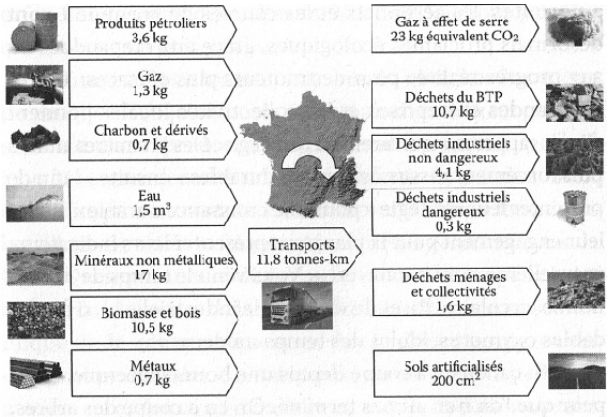


Figure 1 - Un jour en France... Consommation apparente et rejets, chaque jour, pour chaque Français(e)
Hors solde des importations/exportations via les produits semi-finis et finis.
(Sources : IFEN, ADEME, ministères.)

Voici notre pays si vertueux, en véritable « transition écologique » (*figure 1*) : nous produisons autour de 2 tonnes de déchets industriels par habitant et par an, presque 5 kg par jour ! Chaque jour, chacun d'entre nous génère 12 tonnes-km de fret, soit environ 100 kg sur une moyenne de 120 km, à 88% en transport routier. Nos entrées de ville en sont les témoins, nous avons artificialisé 1 % du territoire — soit un département français — en l'espace de dix ans, puis encore 1 % en sept ans seulement ! Souvent sur les meilleures terres agricoles, un gâchis irréversible : rien de comestible ne repoussera avant des milliers d'années sous le bitume des parkings de supermarchés.

À l'échelle mondiale, 20 % de la population continue à s'accaparer plus de 80 % des ressources, et l'on s'apprête à extraire de la croûte terrestre plus de métaux en une génération que pendant toute l'histoire de l'humanité. On aurait beau jeu d'accuser le « décollage » des pays émergents, Chine en tête. Mais n'oublions pas que la consommation de ressources en Chine est aussi tirée par son rôle d'usine du monde et que nous en importons donc, directement ou indirectement, une bonne part.

Le monde est un Far West. La façade, du côté des consommateurs, tente de faire à peu près bonne figure : dans les réclames, les magasins, les rayons des supermarchés, tout va pour le mieux. Mais à l'autre bout de la chaîne, les conséquences de la production d'objets nous échappent, même en étant doté des meilleures intentions. J'achète un téléphone portable en France, et ce faisant j'ai exploité des mineurs du Congo, détruit des forêts primaires de Papouasie, enrichi des oligarques russes, pollué des nappes phréatiques chinoises, puis, douze à dix-huit mois plus tard, j'irai déverser mes déchets électroniques au Ghana ou ailleurs.

Le monde est une *immense machine à expresso*, ce modèle si emblématique de notre système économique et industriel, celui, si pratique, où la capsule de café vide disparaît dans les entrailles de l'appareil. Le déchet est escamoté et nié jusqu'au rapide et discret vidage du bac de

récupération, et, pour les plus aisés, c'est même la femme de ménage qui se chargera de sortir les poubelles... Et pendant ce temps, les derniers éléphants que l'on braconne, les dernières forêts primaires qui disparaissent pour être transformées en mouchoirs en papier (Tasmanie et Canada), en contreplaqué de chantier et en palmeraies à huile (Indonésie et Malaisie), en champs de soja transgénique (Brésil et Argentine), les océans qui se couvrent de débris plastiques, les terres et les eaux que l'on empoisonne durablement aux pesticides... Pas de quoi pavoiser.

Face à la pénurie probable de ressources futures, tant renouvelables (les stocks de poisson) que non renouvelables (les énergies fossiles et les métaux), nous voilà comme les médecins de Molière. Eux ne juraient que par la saignée, et si celle-ci mettait à mal le patient, on en concluait que l'on ne l'avait pas assez saigné ! Jusqu'à la mort, il va sans dire. Nous, nous ne jurons plus que par l'innovation et par la technique. Certes, nous n'avons cessé, depuis des siècles et des millénaires, d'expérimenter, d'inventer, d'explorer et d'innover, jusqu'à cette incroyable accélération des XIXe et XXe siècles. Mais cela s'est fait au prix d'une pollution et d'une destruction sociale et environnementale sans précédent, dont nous ne maîtrisons plus les conséquences, même si nous avons du mal à nous l'avouer. Face à l'inconnu, à la maladie inquiétante et barbare de l'« Anthropocène », nous espérons encore, ou faisons semblant d'espérer, qu'une croissance future devenue « verte » résoudra les maux engendrés par nos activités passées. Jusqu'à affirmer de manière absurde qu'il faudrait même *accélérer* puisqu'« un peu de croissance pollue, beaucoup de croissance dépollue ».

Je n'y crois pas. Je n'y crois plus, et ce pour de nombreuses raisons, fort cartésiennes, que je vous exposerai ci-après. Mais rassurez-vous, je ne vous propose pas pour autant, comme le divin Dante, d'abandonner toute espérance (*Lasciate ogne speranza, voi ch'intrate*). Au contraire, je pense qu'il y a une voie pour refuser la crise globale, l'inéluctable guerre de tous contre tous, des uns contre les autres, l'effondrement, ou, tout simplement, la déprime et la désespérance. Et qui sait, peut-être viendra l'âge des *low tech*, le temps d'une civilisation techniquement soutenable.

Acte I : Grandeur et décadence des « ingénieurs thaumaturges »

[23]L'in-no-va-tion, on vous dit. Recherche et développement, croissance verte, produits *high tech* et donc forcément propres et économes en ressources, voici la réponse à tous nos maux, ceux de la planète exsangue comme ceux de nos sociétés en quête d'un nouveau souffle. Dormez tranquilles, braves gens, car dans les laboratoires ultramodernes et les entreprises de pointe, de sérieux chercheurs et ingénieurs en blouse blanche travaillent et inventent pour vous. On cherche, et puisque l'on cherche, on va trouver — on a toujours trouvé, n'est-ce pas ?

N'exploite-t-on pas le pétrole et le gaz toujours plus profondément sous les océans, sans parler des gaz de schiste dont l'exploitation future sera forcément *écologique* ? Les voitures « propres » et les technologies « vertes » s'apprêtent à déferler. Nous serions même, selon les plus optimistes, à l'aube d'une troisième ou quatrième révolution industrielle ! Grâce aux *smart grids*, les réseaux intelligents de stockage et transport de l'énergie — montés sur un modèle semblable à — Internet —, nous allons tous devenir producteurs et stockeurs d'électricité verte. Nous allons passer à l'économie hydrogène, l'économie circulaire qui recycle ses déchets pour en faire de nouvelles ressources, un futur fondé sur toujours plus de mobilité, de connectivité...

Alternent ainsi dans les médias sérieux, au risque de provoquer une certaine dissonance cognitive[2] chez tout lecteur, auditeur ou téléspectateur attentif, les pires constats concernant l'état de notre planète et les annonces tonitruantes de nouvelles percées technologiques, d'inventions, de projets pilotes, de lancements de *start-up* formidables : du ballon dirigeable de fret à l'avion solaire, des hydroliennes bretonnes au projet Désertée dans le Sahara, en passant par l'énergie des vagues ou de la houle, des bâtiments à énergie positive aux peintures « dépolluantes », sans parler des pages spécialisées « consommation verte » ou « économie durable » pas trop regardantes sur la réelle empreinte environnementale des produits présentés — le téléphone portable à coque de bambou et la lampe frontale à ampoule basse consommation, spécial « trekking équitable », à dynamo intégrée.

Comme le montrent les indicateurs planétaires, le présent, le réel, le vrai[3], n'a pourtant

jamais été aussi pollué et saccagé, même s'il peut y avoir eu des améliorations locales par rapport au XIXe siècle si peu regardant sur les rejets des usines. Et, paradoxalement, nous n'avons jamais autant croulé, à en croire journalistes, économistes ou scientifiques, sous les moyens techniques de régler tout ça par de formidables inventions [25]« écologiques ». Mais, malgré les effets d'annonce, celles-ci semblent peiner — ça aussi c'est factuel — à se déployer. Comme si nos sociétés, devant l'inquiétante situation générale, avaient besoin de se réfugier dans une attitude quasi messianique, nous promettant le paradis après-demain pour survivre à l'enfer d'aujourd'hui et de demain. Avec, à la clef, un discours qui ne peut que s'éloigner de la réalité, conduisant, en tout cas pour l'instant, à un monde de contradiction permanente, une *politique de l'oxymore*, selon l'analyse de Bertrand Méheust[4].

Qu'en est-il en réalité ? Effectivement, il faut bien reconnaître que, jusqu'à présent en tout cas, scientifiques, ingénieurs, techniciens ou hommes d'affaires de génie, nos illustres anciens ont toujours trouvé des solutions, presque miraculeuses, pour repousser la pénurie de ressources, à condition, toutefois, de ne pas trop « regarder à la dépense » concernant les destructions naturelles ou les pollutions engendrées.

Comment la technique a (toujours) répondu à la pénurie de ressources

L'histoire de l'humanité est une longue lutte contre la pénurie de ressources. Voilà bien un lieu commun du darwinisme, puisque toute espèce est contrainte dans son développement par la disponibilité du milieu en ressources, la sélection naturelle qui en résulte étant, avec la mutation, le moteur de l'évolution. Mais l'être humain est à peu près le seul à utiliser des outils exosomatiques, c'est-à-dire externes à son propre corps. Au lieu d'utiliser griffes, dents ou poils, il a besoin d'outils tranchants pour chasser, de vêtements pour se protéger du froid, et du feu pour digérer une partie de ses aliments.

Bien sûr, tant que ces outils restèrent rudimentaires, et les populations limitées, on peut raisonnablement penser que les perspectives de pénurie en ressources — non alimentaires — étaient rares : ah le bienheureux Homme du paléolithique, qui, ayant à sa disposition les immenses troupeaux de rennes ou de chevaux — avec de temps en temps un mammouth ou un

rhinocéros laineux en extra -, en tirait sa subsistance et l'ensemble de ses besoins : graisse pour l'éclairage, petit outillage et décorations en os, vêtements en peaux et tendons... Éventuellement, un peu d'ocre ramassé par terre pour le maquillage... et pour les armes, un bâton durci au feu ou une pierre taillée ! L'âge d'abondance donc[5] ? Pas totalement sûr, car on a pu montrer que des silex, par exemple, ont voyagé sur plusieurs centaines de kilomètres, quelques « mines » approvisionnant des régions éloignées. Certaines qualités étaient déjà recherchées, certains objets n'étaient déjà disponibles qu'en quantité limitée.

Quant aux ressources alimentaires, après un moment d'euphorie, certaines générations ont dû vivre des moments cruels ou particulièrement créatifs, d'un point de vue purement darwinien. L'utilisation du feu pour la chasse a rapidement déforesté d'immenses zones de forêts sèches et savanes, mettant à mal de nombreuses espèces animales. L'Homme est très probablement responsable de l'extinction d'une grande partie de la mégafaune, notamment en Australie (vers 60000 avant notre ère) et aux Amériques (vers 14000-11000 avant notre ère), un peu moins en Europe et en Afrique où les animaux ont coévolué avec les chasseurs et appris à s'en méfier. Dans les îles, les événements sont plus récents et notre responsabilité parfaitement établie : dinornis de Madagascar et moas de Nouvelle-Zélande (des autruches géantes), hippopotames nains en Corse ou à Chypre, etc.[6] Le paléolithique a donc probablement vu se succéder des orgies sympathiques — imaginez une tribu de chasseurs tombant, après une éprouvante traversée, sur des millions d'animaux qui n'avaient pas appris à avoir peur des humains — suivies d'années de vaches maigres.

Il est impossible de dater précisément les premières pénuries de matières premières non alimentaires. Les soucis ont dû apparaître dès que l'on a commencé à se tourner vers [30] des matériaux moins abondants que la pierre, le bois ou l'argile, c'est-à-dire vers 6000 avant notre ère, avec l'utilisation des premiers outils métalliques en cuivre, et dans une moindre mesure en fer météoritique, un alliage naturel de ferronickel résistant à la corrosion. Assez rapidement, les premiers développements de la métallurgie, du cuivre puis du bronze (cuivre et étain) ont permis d'exploiter des minerais, oxydes et carbonates, et pas seulement du métal à l'état natif, et ainsi de faire face à la demande.

Avec le développement de la concentration humaine et des grandes civilisations, comme au Moyen-Orient et autour de la Méditerranée, les premières pénuries, essentiellement locales ou régionales, ont dû apparaître, et pas seulement de ressources non renouvelables comme les métaux. Il y eut également surexploitation de ressources *a priori* renouvelables (les forêts, les sols, les animaux) : le pourpre, le coquillage « phénicien » qui était utilisé pour teindre la bande

purpurine sur les toges des sénateurs romains (et la toge entière pour les généraux triomphants, les *imperatores*), a quasiment disparu de Méditerranée orientale aujourd'hui et la technique correspondante s'est perdue.

Migrer, échanger ou inventer

Trois stratégies sont envisageables et combinables pour faire face à la pénurie. Déménager, temporairement (le nomadisme) ou définitivement (les migrations), une méthode plutôt efficace pour éviter les pénuries locales. Échanger les surplus locaux contre d'autres marchandises, en commerçant, ce qui permet de rééquilibrer les inégalités en ressources des différents territoires. Enfin, inventer, trouver un moyen de produire la ressource manquante à partir d'une autre source, ou apprendre à s'en passer, en général en trouvant une substance de remplacement.

Toutes trois sont encore employées de nos jours. Quand certains doux rêveurs nous proposent d'aller chercher des métaux sur la lune ou notre future nourriture dans la composition « CHON» (carbone/hydrogène/oxygène/azote) des comètes du système solaire, ils ne font qu'envisager une nouvelle solution de nomadisme, à une échelle différente. Pour rester crédibles, ils ne parlent pas encore de commercer avec les petits hommes verts. Mais en attendant des solutions extraterrestres, comme la planète a été à peu près entièrement colonisée et explorée, ce qui limite désormais, *de facto*, les stratégies migratoire et commerciale, nous misons logiquement notre avenir sur l'innovation technologique.

Jusqu'à quel point les pénuries et les appétits passés ont-ils été un aiguillon pour l'exploration de la planète, le développement des échanges et du commerce ou la découverte de techniques nouvelles, par rapport à certains fondamentaux anthropologiques — curiosité, soif de savoir et de comprendre, désir d'aventure, d'enrichissement ou de gloire ? On peut en tout cas brosser le tableau d'une « lutte » millénaire de la technique contre l'épuisement des ressources, qu'elles servent à se chauffer, se vêtir, se loger, se nourrir, se déplacer ou se divertir... Lutte qui s'est, au rythme des innovations, accélérée dans les deux ou trois derniers siècles, avec une croissance spectaculaire des ressources consommées.

L'énergie d'abord

À tout seigneur, tout honneur. La disponibilité en énergie est un paramètre primordial, puisqu'elle est la plupart du temps nécessaire à la transformation des autres ressources (fonte ou traitement thermique des métaux, transformation des matériaux comme l'argile par cuisson, activation des réactions chimiques par la chaleur, etc.) et à leur transport sur les lieux de consommation.

L'histoire générale de l'énergie est assez largement connue. Jusque vers la fin du XVIIIe siècle au moins, le bois est de loin la première source d'énergie, avec un complément par les moulins à vent et à eau et la traction animale. Contrairement aux idées reçues, ces quatre sources vont d'ailleurs rester très présentes jusque tard dans le XIXe siècle, même dans les pays les plus industrialisés, avant de laisser la place aux énergies fossiles[7]. L'exploitation des forêts comme combustible et bois d'œuvre marque très profondément (et dans de nombreuses zones définitivement) les paysages européens, et à partir du XVIIe siècle la crise du bois se généralise. Le charbon de terre est connu et utilisé assez sporadiquement depuis des siècles, notamment en Angleterre où la pollution de l'air dans Londres était légendaire. La double invention de la pompe à vapeur (par Thomas Savery) et de la machine à vapeur (par Thomas Newcomen) au tournant du XVIIIe siècle, puis leur perfectionnement par Papin, Watt et les autres, va permettre l'exhaure des mines souterraines et d'accéder à des ressources bien plus grandes, sous le niveau des nappes phréatiques.

À partir de là, on connaît la chanson : commence la grande aventure de la révolution industrielle et du développement des forces productives, l'Angleterre qui exporte son charbon dans le monde entier, les corons du Nord, puis viennent les temps du pétrole, du gaz, enfin de l'hydroélectricité et du nucléaire... Grave simplification due à notre représentation collective d'un progrès technique forcément linéaire, car nous ne sommes en fait jamais sortis de l'âge du charbon. Depuis la première tonne extraite, la production et la consommation mondiales ont *toujours* augmenté, crise ou non : nous en sommes à une production de près de 7,7 milliards de tonnes par an en 2011 (charbon et lignite), ce qui fait du charbon la deuxième source d'énergie consommée (3,7 milliards de tonnes équivalent pétrole, ou Gtep), juste après le pétrole (4,1 Gtep) et avant le gaz naturel (2,9 Gtep) (*figure 2*). Parmi les principaux pays consommateurs, on

trouve, à côté de la Chine, des pays *high tech* comme les États-Unis et l'Allemagne.

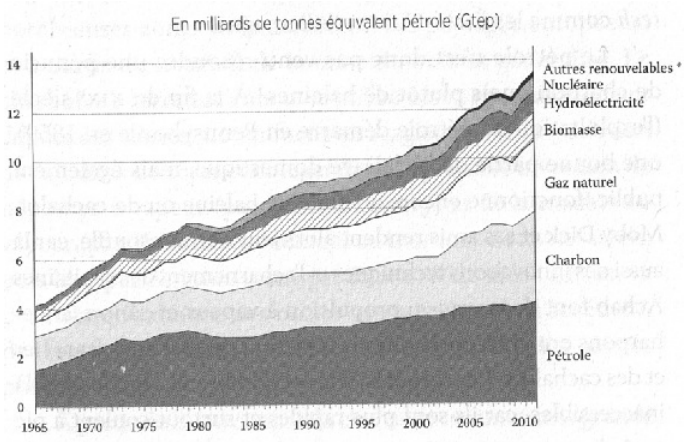


Figure 2 - La consommation mondiale d'énergie primaire
(Source : BP Statistical Review of World Energy 2012.)

Le pétrole n'est donc pas venu résoudre une pénurie de charbon, mais plutôt de baleines ! À la fin du XIXe siècle (l'exploitation du pétrole démarre en Pennsylvanie en 1859), une bonne partie de l'éclairage domestique, mais également public, fonctionne encore à l'huile de baleine ou de cachalot. Moby Dick et ses amis rendent alors leur dernier souffle, car là aussi des innovations techniques et l'acharnement des capitaines Achab font des ravages : propulsion à vapeur et canon lance-harpons ont entraîné la quasi-extinction des baleines franches et des cachalots. Les rorquals, encore nombreux, sont jusque-là inaccessibles, car ils sont plus rapides et surtout coulent à pic après leur mort (mais ils connaîtront bientôt le même sort dans les premières décennies du XXe siècle grâce à d'autres innovations dans la pêche)[8]. Le pétrole est donc utilisé comme une huile, dont la production est plutôt artisanale : trente mille puits en quelque sorte familiaux, requérant peu de moyens et d'investissements, produisent de l'ordre d'un baril par jour chacun... Mais dans une nuit de l'hiver 1901, un puits éruptif, le *gusher* de Spindletop (Texas), triple brusquement l'ensemble de la production pétrolière aux États-Unis. Il fallait désormais trouver rapidement quelques débouchés... Le pétrole fut utilisé en partie pour la production électrique, mais ce fut surtout le déploiement vertigineux du moteur à explosion — en particulier à partir de 1908 avec le lancement du fameux modèle Ford T — qui permit de trouver un débouché à ce pétrole abondant et bon marché.

Quant au nucléaire, avec moins de 5 % de la production d'énergie primaire mondiale, il reste anecdotique (mais pas pour les risques et dégâts engendrés malheureusement) et n'a été développé qu'en étroite liaison avec le complexe militaro-industriel. Il fallait des centrales civiles pour produire, à partir de l'uranium du combustible nucléaire, le plutonium nécessaire aux nombreuses bombes H.

Nuée de criquets sur les métaux

Dans le cas des métaux, c'est d'abord la « stratégie du criquet » qui a permis de faire face à une demande sans cesse croissante. De nos jours, des dizaines de mines sont abandonnées chaque année tandis qu'il faut en mettre d'autres en production pour maintenir ou augmenter la quantité extraite. Certains pays ont épuisé assez tôt leurs filons, parfois dès l'Antiquité, dans d'autres cas il y a encore du minerai en place mais les producteurs se sont tournés vers des réserves de meilleure qualité, extractibles à coût inférieur.

L'exemple des métaux précieux illustre bien ce phénomène. Athènes a pu armer sa flotte contre les envahisseurs perses grâce à ses légendaires mines de plomb argentifère du Laurion, épuisées pour l'essentiel dès le IIIe siècle avant J.-C. La Gaule et surtout l'Espagne puis la Dacie (Roumanie actuelle) ont été les grands pourvoyeurs d'or des Romains. Le contrôle des mines d'Espagne était totalement stratégique pour Rome, qui avait besoin d'or et d'argent pour équilibrer une balance commerciale déficitaire avec l'Orient, du fait des dépenses ostentatoires des plus riches patriciens et chevaliers. L'Espagne se trouvait, avec la Sicile (un grenier à blé à l'époque), au coeur des guerres puniques. *Cartago delenda est*, afin de pouvoir continuer à importer soieries de Chine, pierres précieuses d'Inde ou myrrhe d'Arabie.

Après l'épuisement des mines européennes dans les premiers siècles après J.-C., l'or a cruellement manqué : la seule source était l'Afrique de l'Ouest, l'ancien « Soudan », aujourd'hui une vaste zone allant du Ghana — anciennement bien nommé Côte-de-l'Or — au Mali, où il était échangé contre du sel par les marchands arabes et rapporté par les caravanes qui traversaient le Sahara. La plupart des pays européens battaient monnaie en argent, plus abondant, notamment après la découverte des mines de l'Erzgebirge en Allemagne et en Bohême. Les conquistadors ne partaient donc pas chercher de l'or par hasard. Ils trouvèrent un peu d'or dans les trésors accumulés depuis des siècles par les caciques locaux, mais surtout de l'argent dans les mines fabuleusement riches de Potosi au Pérou et Zacatecas au Mexique. Puis les découvertes et les ruées vers l'or s'enchaînent au XIXe siècle, avec les *forty-niners* de Californie (1849 donc), l'Australie (1851), le Klondike de Jack London (1896), sans parler du Brésil, de la Sibérie ou de l'Afrique du Sud. Aujourd'hui, si certains de ces pays sont encore importants pour la production mondiale (Australie, Afrique du Sud, États-Unis, Russie...), les

frontières de l'or continuent à bouger : Chine, Indonésie, Papouasie...

[35]On observe les mêmes phénomènes pour à peu près tous les autres métaux : qui se souvient de l'étain de Cornouailles, dont Jules César voulait sécuriser l'approvisionnement (le bronze est un alliage de cuivre et d'étain, mais ce dernier est beaucoup moins courant), détrôné par les réserves de l'Insulinde (Malaisie et Indonésie), de la « minette » de Lorraine, les grands minéraliers débarquant désormais leur cargaison de minerai de fer en provenance de poids lourds comme le Brésil ou l'Australie, ou du cuivre de l'île d'Aphrodite, maintenant plus connue pour ses banques et ses barbelés que pour avoir donné son nom à ce métal (*aes Cyprus*, le bronze de Chypre) ?

Cependant, dans les métaux également les percées technologiques ont permis de faciliter considérablement l'exploitation, de récupérer des ressources toujours moins concentrées ou moins accessibles, et donc de multiplier les réserves disponibles. D'abord les explosifs (la poudre noire utilisée pour la première fois dans le Freiberg, vers 1650, puis la nitroglycérine et la dynamite à la fin du XIXe) qui permettent d'attaquer la roche plus facilement, en lieu et place des feux de bois et des burins, et la boussole, pour déterminer la direction des galeries et optimiser la quantité de stériles (roches sans minerai) à évacuer. Ensuite la machine à vapeur pour pomper les eaux, comme dans le cas des mines de charbon. Enfin le moteur Diesel et la mécanisation, quand elle est possible, qui augmentent la dépense d'énergie par kilogramme extrait mais permettent de charrier bien plus de stériles et éventuellement d'exploiter à ciel ouvert.

Par ailleurs, la substitution a pu jouer ici et là. Au XVIIIe siècle, le cobalt était exploité dans les mines de la Thuringe (Saxe) pour la production de colorant « bleu cobalt » — alternative à l'outremer hors de prix, fabriqué à partir de poudre de lapis-lazuli d'Afghanistan — tandis que le nickel était un sous-produit inutile pour amuser quelques chimistes (les deux métaux, minéralisés ensemble, tirent leur nom des gnomes Nickel et Kobolt qui étaient accusés de faire capoter le procédé d'extraction d'argent du minerai). La mise au point dans les années 1830 de l'outremer artificiel, bien moins cher à produire, fit chuter considérablement la demande, et c'est le nickel qui trouva à nouveau une application industrielle, les aciers inoxydables, seulement à la fin du XIXe avec la découverte des riches gisements de Nouvelle-Calédonie. Tandis que le cobalt, lui, devait attendre le développement de l'aéronautique et des superalliages, puis des batteries rechargeables, pour retrouver un intérêt industriel significatif.

Mais il n'y a pratiquement aucun métal dont la consommation ait baissé dans les

dernières décennies, à l'exception notable du plomb, avec l'arrêt de l'essence au plomb tétraéthyle comme antidétonant et un recyclage particulièrement efficace des batteries de véhicules, et peut-être du mercure, mais, cruellement, les lampes basse consommation, qui en contiennent, sont en train de donner à ce dernier un nouveau souffle. Les métaux ont été remplacés dans de nombreuses applications, par exemple par des matières plastiques ou des matériaux composites, pour alléger des structures, mais sans empêcher une explosion de la demande globale, qui a plus que doublé dans les vingt dernières années et continue à croître malgré la crise.

Des ressources renouvelables à la chimie industrielle

Jusqu'au tournant de la fin du XVIIIe-début du XIXe siècle, les métaux ont été pratiquement les seules ressources non renouvelables utilisées (si l'on excepte un peu de charbon comme on l'a vu, ou de bitume de Mésopotamie pour étancher les bateaux et alimenter les feux grégeois), à côté de produits minéraux disponibles en quantités quasi illimitées comme le calcaire ou l'argile, dont nous parlerons à propos des matériaux de construction.

Animaux et végétaux

Pour l'essentiel, l'industrie et les produits de consommation courante reposaient sur de nombreux produits animaux et végétaux : ainsi des colorants naturels (garance, pastel, indigo, henné, gaude, lichen...), des graisses, des colles et du suif des chandelles (à base de déchets d'animaux et d'os), des produits alcalins (soude et potasse), des acides et alcools produits par la fermentation (acide acétique du vinaigre), des cuirs et fourrures, des fibres (laine, lin, coton, chanvre)...

Il y avait donc des limites purement « surfaciques » à la production, que la récolte soit cultivée ou sauvage. Limites liées à la productivité des terres et à leur capacité de charge en culture ou élevage, limites liées à la compétition entre les usages pour les surfaces cultivées,

pâturées et boisées. Il fallait du lin pour les toiles à voile, du chanvre pour les cordages des bateaux, de la poix — produite par distillation à partir de bois résineux — pour étancher les coques... tout un « hinterland agricole et forestier » non négligeable, donc, afin de pouvoir devenir une puissance maritime. Le problème s'est d'ailleurs posé dès l'Antiquité : les grandes cités grecques ont dû s'approvisionner très tôt, en bois et en produits « industriels » divers, dans des contrées lointaines, en installant des colonies dans des zones peu exploitées à l'époque, comme les bords de la mer Noire pour Athènes. Sous l'Ancien Régime, la couleur des vêtements permettait de déterminer au premier coup d'œil votre origine sociale. Pour éviter les ennuis, mieux valait ne pas chercher noise ou compter fleurette à un personnage habillé de couleurs criardes et prononcées, indiquant à coup sûr le pouvoir d'achat — et donc probablement le pouvoir tout court — du ou de la propriétaire.

Ici aussi, le commerce et les frontières sans cesse repoussées ont permis de suivre l'augmentation de la consommation. La cochenille, l'indigo et le cuir étaient les trois principaux produits d'exportation, en dehors de l'argent métal, de l'Amérique espagnole au XVIIe siècle. Les boucaniers — confondus à tort avec les flibustiers — chassaient les bovins ensauvagés qui s'étaient multipliés sur l'île de Saint-Domingue, et vendaient la viande « boucanée » (fumée sur le boucan), mais aussi les peaux, aux navires de passage.

Jusque tard dans le XIXe siècle, et même au début du XXe siècle, les ressources animales ont été au cœur de la production industrielle. On moulait de petits bijoux en or massif dans des os de seiche, l'huile de cachalot servait de lubrifiant pour les machines, les égreneuses à coton étaient revêtues de paroi stomacale de morse — à la fin du XIXe siècle, vingt-cinq mille de ces mammifères étaient massacrés chaque année pour satisfaire les besoins de l'industrie cotonnière[9] -, sans parler bien sûr des fanons de baleine pour les corsets et les parapluies. À partir des années 1900-1910, après la découverte du procédé d'hydrogénation, l'acide gras de l'huile de rorqual servait à la fabrication de savon et de margarine. Par cuisson, on obtenait également de la glycérine comme sous-produit, l'ingrédient de base pour la fabrication de dynamite. Déjà l'étrange aspect « systémique » de notre monde industriel : l'exploitation des baleines permettait de fournir le lubrifiant indispensable aux machines à vapeur, et d'aller chercher, grâce aux explosifs d'Alfred Nobel, de nouvelles ressources métalliques.

L'industrie et le commerce des fourrures ont été un vecteur majeur de l'exploration et de l'occupation occidentale des nouveaux continents, en particulier en Amérique du Nord et en Sibérie. En France, dans les années 1930, les chiffonniers, précurseurs des filières de recyclage, recherchaient encore chez les particuliers les peaux de lapin (on pouvait notamment en faire

des chapeaux ou, pour les moins belles, de la colle), les plumes ou les vieux caoutchoucs. La fourrure [40] était un important produit d'exportation des pays couverts par les grandes forêts boréales. Mais là encore, la surexploitation et le déboisement réduisirent rapidement les populations de martres, écureuils, hermines et autres zibelines. L'économiste John Kenneth Galbraith raconte ainsi[10] comment les colons d'Amérique, au début du XVIIIe siècle, face à la pénurie locale en numéraire, adoptèrent un temps la monnaie des Indiens, les wampum — des coquillages blancs et noirs. Leur valeur était garantie car ils étaient échangeables contre des peaux de castor auprès des Indiens, qui jouaient en quelque sorte le rôle de banque centrale. Las, la déforestation et la chasse firent s'effondrer la population de castors en une ou deux générations, et la monnaie locale vit sa valeur s'effondrer. Ce ne fut qu'une des nombreuses crises financières, absolument récurrentes, des États-Unis.

Les produits végétaux et animaux sont encore très présents comme composants dans de nombreux produits industriels : collagène à base d'os ou d'arêtes de poisson dans les colles de menuisiers, graisse de phoque ou d'otarie pour le soin des chaussures, huile de lin, etc. Mais ceux-ci sont désormais limités à des usages spécifiques et des quantités modestes, si l'on excepte bien sûr les textiles où ils sont encore majoritaires (coton et laine), utilisés en compagnie des polymères artificiels. Ce sont surtout les découvertes et les développements qui ont suivi en chimie industrielle, minérale puis organique, qui ont permis de faire face à la demande croissante.

Naissance de la chimie minérale

Pour faire simple, la chimie minérale est basée sur les produits minéraux, inorganiques, comme le sel, par opposition à la chimie organique basée sur le carbone (cf. *infra*). Elle a répondu d'abord aux besoins cruciaux en acides et en produits alcalins comme la soude. Les acides, en particulier l'acide nitrique (l'eau-forte) et l'acide sulfurique (le vitriol), étaient utilisés dans de nombreuses activités artisanales et industrielles : traitement des métaux, préparation des teintures, des fibres, des fourrures... Les produits alcalins, la soude et la potasse, étaient utilisés pour la détergence (fabrication de savons et lessive), la fabrication du verre, le dégraissage des laines...

Les acides étaient chers et produits en petites quantités : l'acide nitrique en distillant le

salpêtre (nitrate de potassium : encore une ressource intimement liée à la vie, puisque résidu de l'activité de bactéries dans les caves humides ou dans le compost), l'acide sulfurique en collectant les vapeurs de soufre brûlé (dans des chambres de plomb) ou en distillant du sulfate de fer.

La soude « naturelle », le carbonate de sodium, était obtenue à partir des cendres de certaines plantes riches en sodium comme la soude (d'où le nom), les salicornes (des plantes méditerranéennes poussant en terrain salé, notamment exploitées en Provence, d'où la vocation ancienne de Marseille pour le savon), ou les algues. En 1681, Colbert avait ainsi accordé à la Manufacture royale des glaces de Saint-Gobain l'exclusivité de la collecte du varech pendant vingt-cinq ans le long des côtes de la Hague. Une première vocation industrielle pour la région... La potasse, le carbonate de potassium, avant la découverte et l'exploitation des grandes mines d'Alsace et d'Allemagne, était récupérée dans les cendres de bois, en particulier des résineux — avec quelques accommodements, on peut d'ailleurs utiliser la cendre de cheminée pour faire sa lessive ou nettoyer ses sols, et *a minima* s'en servir comme engrais. La potasse était donc importée de pays aux vastes forêts comme la Russie et l'Amérique du Nord car la production locale était insuffisante.

À la fin du XVIIIe siècle, avec la croissance de la population et surtout de la production du verre, la pénurie, la dépendance aux importations et les conflits d'usage (les paysans se servaient aussi des algues comme engrais et maudissaient les « soudiers ») étaient devenus intenables. Les recherches pour produire de la soude artificielle à partir de sel, où l'on avait identifié l'élément sodium, étaient nombreuses, au point que l'Académie des sciences avait même créé un prix en 1781 pour celui qui présenterait un procédé industriellement et économiquement viable.

C'est Nicolas Leblanc qui mit au point, dans les années révolutionnaires, le premier procédé industriel de production de carbonate de soude à partir de sel, d'acide sulfurique et de craie (carbonate de calcium). Ce procédé était extrêmement polluant et énergivore[11], mais, combiné à la disponibilité nouvelle en charbon, il ouvrait une ère d'abondance pour des produits jusqu'alors rares, et se trouva, par les nombreux coproduits possibles et pour certains nouveaux, à la source de toute la chimie minérale, avant d'être lui-même détrôné par le procédé Solvay (1863) plus efficace et moins coûteux.

En exploitant des ressources minérales à grande échelle pour les transformer en produits de l'industrie, le procédé Leblanc changeait l'échelle de la pollution industrielle : il rejetait

notamment des tombereaux d'acide chlorhydrique dans les voisinages. Bien sûr, les pollutions, en particulier des eaux, existaient avant le développement de la chimie minérale. La ville moyenâgeuse et artisanale tentait de concilier, avec difficulté, l'utilisation de l'eau pour les besoins domestiques, avec les rejets nauséabonds des tanneurs, des corroyeurs, des blanchisseuses (navré pour le déterminisme de genre, mais c'était bien ainsi), des savonniers ou des teinturiers[12], tandis que l'air était souvent vicié par la combustion de bois et de charbon. Mais ces pollutions, parfois violentes, se trouvaient pour l'essentiel limitées aux zones fortement urbanisées. Les rejets des premières usines chimiques allaient atteindre également les campagnes, en arrosant une zone proportionnelle à la hauteur des cheminées d'évacuation.

Explosion de la chimie organique

Mis à part les acides et les alcalins, l'autre grande demande de l'industrie concernait les colorants. Ceux-ci étaient des produits végétaux (cf. *supra*) ou minéraux, des composés chimiques de métaux : ainsi du vermillon et de l'orpiment — respectivement sulfures de mercure et d'arsenic -, du blanc de plomb, des ocres qui sont des oxydes de fer, etc.

Jusqu'à la fin du XVIIIe siècle, les teinturiers se contentaient donc pour l'essentiel des pigments végétaux (les pigments minéraux étaient plutôt réservés aux peintures et aux enduits). Il faut dire que la production annuelle de cotonnades dans un pays « à la pointe » comme l'Angleterre ne dépassait pas encore l'équivalent d'une chemise par personne et par an. Et comme la plupart restaient blanches... Mais la demande et la production allaient bientôt exploser.

La chimie organique, la chimie du carbone, essentiellement à partir des ressources fossiles comme le charbon, le gaz et le pétrole, fit de grands progrès théoriques dans les premières décennies du XIXe siècle. Parallèlement, la distillation du charbon était en plein développement. Elle permettait de produire du gaz d'éclairage — une autre solution technique, en parallèle de l'huile de baleine... — du « gaz de ville », essentiellement composé de méthane et de monoxyde de carbone, qui sera remplacé au milieu du XXe siècle par le gaz « naturel », issu des champs pétrolifères et gaziers. Les usines à gaz, dont la complexité de la tuyauterie est passée dans le langage courant, fleurissaient depuis les années 1820 en ville et à la périphérie, et il était important de comprendre et maîtriser les procédés chimiques correspondants. La distillation du bois ou du charbon était une source de nombreuses molécules organiques

différentes, qui se formaient ou se concentraient [45] dans les goudrons. Ainsi furent découverts le benzène (une chaîne fermée de six atomes de carbone) et ses dérivés comme la quinoléine.

Le plus important était l'aniline — dérivée du benzène et naturellement présente dans l'indigo — qui est à la base des colorants organiques dits azoïques. À partir de 1860, de nombreuses industries chimiques sont fondées, en particulier en Allemagne, pour produire des colorants organiques. La plupart des grands conglomérats de chimie organique (BASF, Bayer...) viennent de l'industrie du colorant. Le sigle de BASF, le premier chimiste en chiffre d'affaires mondial, signifie *Badische Anilin und Soda Fabrik* : fabrique d'aniline et de soude du pays de Bade. On y retrouve ainsi les deux produits phares, les deux piliers de la chimie organique et minérale.

Une autre révolution eut lieu à partir des années 1910 mais surtout de la fin des années 1930 : la polymérisation, qui allait donner accès aux matériaux artificiels (matières plastiques, fibres synthétiques, résines et colles, etc.) en substitution ou complément des cuirs, des textiles à base de fibres naturelles (lin, chanvre, coton...), des déchets animaux, du bois ou des métaux. Les polymères synthétiques ont donné accès à une quantité jusqu'ici inimaginable de ressources, issues du pétrole et du gaz, pour l'intérieur de nos bâtiments et de nos véhicules, les produits de consommation courante, les emballages, les vêtements...

La bakélite (à base de phénol et formaldéhyde, 1910) et les caoutchoucs synthétiques ont été les premiers polymères artificiels à être massivement utilisés. Ces derniers venaient à point nommé pour subvenir aux besoins croissants de l'automobile, en complément du caoutchouc naturel à base d'hévéa. Ils furent suivis par de nombreux autres, découverts et industrialisés à partir des années 1930-1950. Aujourd'hui, la production mondiale de polymères est de l'ordre de 265 millions de tonnes par an (en 2010, en croissance de 5% par an sur les vingt dernières années). 90% du tonnage est concentré sur cinq familles : polyéthylène (PE : films d'emballage, bouchons), le polypropylène (PP : pare-chocs, tableaux de bord de voiture), polychlorure de vinyle (PVC : châssis de fenêtres, canalisations), polystyrène (pots de yaourt) et polytéréphtalate d'éthylène (PET : bouteilles). En ajoutant les polyamides (toits ouvrants de voiture et bas nylon), les polyuréthanes, les polyesters et les polymères au butadiène (pneus), on a fait à peu près le tour.

Malheureusement, ces matériaux, pour la première fois, présentaient un grand désavantage par rapport au bois ou aux peaux de lapins : sans même parler de leur impact environnemental au stade de la fabrication, ils n'étaient pas biodégradables et allaient générer ainsi une

pollution sans précédent... En Europe — plutôt « bon » élève par rapport à la moyenne mondiale -, 42 % des déchets plastiques partent aujourd'hui en décharge, 34% sont incinérés (pardon, « énergétiquement valorisés »), et seulement 24% recyclés.

De la pierre au béton

Les innovations ont également été nombreuses dans les matériaux de construction et les procédés constructifs. On y a aussi, très tôt, utilisé des ressources non renouvelables, des défenses de mammouth aux carapaces de glyptodon, un tatou géant d'Amérique du Sud disparu quelque temps après l'arrivée des premiers chasseurs. Avec l'urbanisation croissante, les besoins en matériaux de construction sont devenus énormes.

Si l'on excepte le bois, il ne devrait pas y avoir de pénurie à l'échelle mondiale pour la plupart des matériaux de construction : le calcaire, le sable, les pierres, l'argile sont présents en quantités proprement faramineuses, *a priori* difficilement épuisables à l'échelle humaine, malgré l'énorme utilisation que nous en faisons. Mais la caractéristique principale de ces produits est de se transporter plutôt mal (faible valeur et poids important, le transport représente donc une part très importante du prix final), avec quelques exceptions pour certaines pierres de qualité comme les marbres.

Il peut donc y avoir de vraies pénuries locales, ou pour certains types de caractéristiques recherchées. Ainsi, Dubaï importe du sable d'Australie (!) car le sable du désert, trop « rond », ne permet pas de réaliser les remblaiements nécessaires à ses grands projets immobiliers. Plus proche de chez nous, le sable de rivière, dit « roulé », commence à ne plus être disponible en région parisienne. Pour partie parce qu'il a été grandement exploité, mais aussi parce que le prélèvement est désormais limité afin de protéger les zones humides, les espaces urbanisés, etc. Le concassage permet d'obtenir du sable à partir de roches quand la rivière n'en fournit plus (avec un peu plus d'énergie, naturellement), mais celui-ci n'a pas les mêmes caractéristiques mécaniques et le sable roulé reste nécessaire pour des bétons de qualité. Il faut aller le chercher alors plus loin, à un coût de revient plus élevé ; les considérations « écologiques » sont alors mises de côté pour racler les fonds marins ou lever des réglementations locales contraignantes... sous peine de ne plus pouvoir bétonner suffisamment, ou économiquement.

Enfin, si le sable en tant que tel reste disponible à l'échelle de la planète (le silicium compose 27 % de la croûte terrestre), les activités humaines viennent cependant gravement perturber les cycles naturels : aux 15 milliards de tonnes utilisés dans la construction chaque année, dragués dans les rivières et les fonds marins, viennent s'ajouter les barrages sur les fleuves et les rivières, qui bloquent en amont les sédiments. On a donc coupé la source de renouvellement et en conséquence de nombreuses plages du monde s'érodent au point de pouvoir, semble-t-il, disparaître d'ici à la fin du siècle.

Les murs, les structures les routes

Les matériaux dans la construction ont peu évolué de l'Antiquité à la fin du XVIIIe siècle : pierres de taille scellées entre elles avec des barres de fer et du plomb fondu, chaux comme liant hydraulique pour les mortiers, bois pour les structures.

La chaux (obtenue par calcination du calcaire, et qui se retransforme en calcaire après « séchage » en réaction avec le C02 présent dans l'air) est connue depuis l'Antiquité, en particulier par les Grecs et les Romains, qui avaient compris qu'en lui adjoignant des matériaux argileux, des pouzzolanes (des cendres du Santorin ou du Vésuve) puis même des fragments de briques, tuiles ou poteries, ils obtenaient un mortier très solide, qui explique l'exceptionnelle longévité de certains ouvrages. On continua à importer longtemps des pouzzolanes d'Italie pour les ajouter à la chaux produite localement, avant de découvrir les propriétés des différents composants et de mettre au point le ciment « Portland », un mélange de calcaire et d'argiles, breveté en 1824 mais qui était encore très loin des ciments utilisés aujourd'hui. Tout au long du XIXe siècle les techniques évoluent (maîtrise des proportions des composants, four continu, température de cuisson, broyage...) pour augmenter et normaliser les performances et réduire la consommation énergétique et les pertes de produits.

Parallèlement, le perfectionnement des hauts-fourneaux dans la sidérurgie, et en particulier l'invention du convertisseur Bessemer dans les années 1850, qui permet d'affiner la fonte brute en acier de manière très efficace, ouvre la porte aux constructions métalliques puis au béton armé. Les routes, autrefois pavées puis macadamisées (empierrées avec des [50] couches successives de matériaux de plus en plus fins), sont revêtues de béton de goudron (le tar macadam, de *tar*, goudron en anglais, qui nous a laissé tarmac) puis de bitume (sous-produit du raffinage du pétrole), dès la fin du XIXe siècle dans de nombreux endroits.

Le bois

La surexploitation forestière est bien connue et emblématique des difficultés de gestion d'une ressource théoriquement renouvelable. Même si la France est plutôt bien dotée avec un tiers de son territoire couvert de forêts, il suffit de mentionner que seulement 0,2 % de ces forêts sont « anciennes » ou « naturelles » pour deviner la pression qui a pu être exercée les siècles passés.

La déforestation a été massive, précoce et irréversible, dès l'Antiquité dans le cas de la forêt méditerranéenne. Il faut dire que nos anciens n'y allaient pas de main morte, entre Salomon et son temple en cèdres multiséculaires du Liban, Xerxès qui fit assembler un pont de bateaux en bois pour faire traverser le Bosphore à son armée d'invasion, Athènes et Sparte, Rome et Carthage, Marc-Antoine et Octave qui consommèrent moult trirèmes dans leurs nombreuses batailles navales. Après le recul de l'exploitation consécutif à la chute de l'Empire romain, les grandes forêts d'Europe occidentale furent progressivement défrichées, exploitées comme bois d'œuvre (il fallait trois mille chênes centenaires pour construire un bateau de guerre), brûlées comme énergie domestique ou pour l'industrie naissante (briques, verre, métaux...).

Le bois est resté longtemps un matériau de référence sur les chantiers (et il l'est encore pour certains échafaudages, les coffrages de béton...), même pour les « nouvelles technologies ». Ainsi de l'expansion du chemin de fer, qui, au XIXe siècle, a autant été une technologie du bois que du fer. Aux États-Unis en 1900, un quart des coupes servaient pour les traverses de chemin de fer, qui devaient être changées (beaucoup trop) régulièrement. L'utilisation d'huile de créosote, un dérivé du goudron de houille, pour protéger les traverses du pourrissement et réduire leur taux de renouvellement, puis l'expansion de l'automobile qui mena à la fermeture de lignes ferroviaires, ont probablement sauvé les forêts américaines[13].

Ici encore, toutes les stratégies ont été utilisées pour faire face aux pénuries locales : « frontières » repoussées avec l'exploitation de forêts toujours plus éloignées (notamment pour des essences de luxe), innovations comme la tronçonneuse — qui permet d'abattre un arbre de cent à mille fois plus vite qu'à la hache — et la mécanisation du transport, substitution du bois d'oeuvre avec l'arrivée par exemple du PVC et de l'aluminium pour les châssis de fenêtres.

Production et stockage des aliments

Les terres arables sont aussi des ressources non renouvelables si l'on n'y prend garde, car elles peuvent s'éroder, se saliniser ou s'épuiser. Les exemples historiques sont nombreux, des civilisations entre le Tigre et l'Euphrate (aujourd'hui une zone agricole assez peu réjouissante) au pourtour méditerranéen (la Libye était, avec la Sicile, un des greniers à blé de Rome), ou les pertes gigantesques de terres arables dans les années 1930 aux États-Unis avec le Dust Bowl[14], ces tempêtes de poussière à répétition qui ont suivi la surexploitation des sols des grandes plaines.

La lutte constante des agriculteurs sédentaires pour maintenir et augmenter la productivité des sols a mené à des évolutions techniques majeures, pour certaines très anciennes[15] : le triptyque *hortus* (jardin potager) — *ager* (champ céréalier) — *saltus/silva* (pâturage et forêt) romain où l'on reconduit les bêtes le soir à l'enclos pour récupérer la fumure, la méconnue révolution agricole du Moyen Âge, basée sur la charrue lourde, le collier d'épaules et la stabulation, la première révolution agricole des temps modernes avec les systèmes sans jachère fondés sur l'alternance céréales-fourrages (trèfle, luzerne), puis la mécanisation et l'utilisation de fertilisants artificiels. En augmentant le rendement à l'hectare, cette dernière évolution répondait aussi à la pénurie de surfaces, mais au prix de conséquences environnementales sans précédent : eutrophisation des rivières, mort biologique des sols, émission de gaz à effet de serre (cf. acte III).

Pour compléter les déjections animales provenant de l'élevage, de nombreuses sources de fertilisants et d'amendements ont été utilisées : « poudrette » des villes, séchée dans les voiries où les charrettes venaient vider les fosses d'aisances des immeubles, boues urbaines, algues, ossements riches en phosphates, de baleines ou même d'ours des cavernes, puis guano et salpêtre du Chili — rapportés par les grands cap-horniers de la fin du XIXe siècle et épuisés en quelques décennies — et potasse des mines. Les nitrates servant tant pour les explosifs que pour les engrais, la recherche active pour les synthétiser à partir de l'azote de l'air débouche sur la mise au point, au début du XXe siècle, du procédé Haber-Bosch. L'Allemagne peut ainsi maintenir sa production d'obus pendant la Première Guerre mondiale, même sans accès au salpêtre chilien, puis les pratiques agricoles vont radicalement changer au sortir de la guerre, tandis que Fritz Haber reçoit le prix Nobel pour avoir « sauvé » l'humanité de la famine.

Enfin, les techniques de conservation de la nourriture ont aidé à répondre aux pénuries locales ou temporaires, par le transport et le stockage. Avec l'urbanisation croissante, il était nécessaire d'approvisionner les villes à partir des campagnes. Les possibilités de transport entre zones de production et de consommation jouaient un rôle majeur et le cas échéant limitant. Paris n'a dû sa prospérité urbaine (c'est une ville populeuse dès le haut Moyen Âge) qu'à une exceptionnelle situation géographique, bien alimentée par un riche bassin agricole, lui-même desservi par un réseau serré de rivières navigables : Seine, Marne, Oise, Aube, Yonne...

Les méthodes de conservation traditionnelles, extrêmement nombreuses (fumage, séchage, saumurage, salage, confisage...)» en particulier de la viande, connaissent deux « révolutions » presque parallèles, après avoir poussé pendant plusieurs siècles à l'exploration du monde, car les épices, moteur du commerce des Indes orientales puis de la découverte du Nouveau Monde, permettaient de supporter les viandes faisandées et de préparer des pâtés en croûte.

Poussés par les armées et les marines en particulier, les techniques d'emballage progressent au début du XIXe siècle (on en était jusque-là au baril de bœuf salé) avec la découverte de la conserve par le confiseur Nicolas Appert en 1795. D'abord en verre, la conserve devient rapidement métallique pour l'essentiel (en fer-blanc, c'est-à-dire de l'acier étamé). Son expansion, notamment avec la guerre de Sécession et la Première Guerre mondiale, est foudroyante (le fameux *corned beef*). On en consomme aujourd'hui plus de 80 milliards d'unités par an.

En parallèle, la thermodynamique — au départ science des « machines à feu », les machines à vapeur — aboutit à l'invention de la réfrigération, qui remplacera les traditionnels blocs de glace récoltés pendant l'hiver et stockés, et de la surgélation, qui permettra le transport sur de grandes distances. Les usines et les bateaux frigorifiques se déploient dans les années 1860-1870.

Ces deux techniques assureront le ravitaillement en viande des populations dont les territoires n'auraient pas pu supporter une telle charge d'élevage. L'Argentine, l'Australie, les grandes plaines des États-Unis approvisionnent ainsi une partie de [55] l'Europe à la démographie galopante. Le nécessaire ravitaillement de l'Europe par les États-Unis pendant la Première Guerre mondiale accélérera le taux d'équipement de la flotte marchande en compartiments réfrigérés.

Changement d'échelle avec la conteneurisation

La mondialisation des marchés se met en place avec les bateaux à vapeur puis Diesel au XIXe siècle, puis les camions au XXe siècle. Les transports se mettent à jouer un grand rôle, et aident parfois à pallier les insuffisances locales. Mais tout est une question d'échelle.

Un pas décisif est franchi avec la conteneurisation dans le transport maritime. Malcom McLean, fondateur de la compagnie Sea-Land Service à la fin des années 1950, fait modifier quelques *liberty ships* et pétroliers de la Seconde Guerre mondiale en porte-conteneurs qui opèrent d'abord sur les routes nord-sud de la côte Est des États-Unis. Cette technique révolutionnaire, en diminuant le temps d'immobilisation des bateaux dans les ports (le déchargement par grue est bien plus rapide qu'avec les traditionnels débardeurs) et en réduisant les risques de vol et de perte (les dockers égaraient sans doute de temps en temps quelques caisses de whisky et autres pour arrondir les fins de mois), permet de baisser drastiquement les coûts logistiques, d'augmenter les tonnages et les capacités d'emport... Elle va permettre la guerre du Vietnam (et toutes les autres depuis) dont la logistique devenait ingérable à partir de 1966, vu le nombre de soldats engagés, qui réclamaient en quantité viande surgelée, crèmes glacées et autres effets militaires. Au retour, les bateaux vides s'arrêteront pour recharger à Tokyo et Yokohama, lançant la première vague d'exportations japonaises vers les États-Unis dans les années 1970[16].

La conteneurisation est ainsi à la source de l'explosion des échanges depuis cinquante ans, elle a permis de transporter des produits finis ou semi-finis plutôt que des matières premières (qui, elles, étaient transportées depuis longtemps, les ressources locales s'étant souvent épuisées) et de redessiner les flux logistiques des grands groupes industriels. Bien sûr, on transportait déjà quelques produits finis ou semi-finis : les diverses Compagnies des Indes embarquaient des caisses de porcelaine qui était très recherchée en Europe et lestait les bateaux sur le chemin du retour. Mais compte tenu du temps et du coût de transport, c'était surtout lorsque la production locale n'était pas possible (transport de fer, de cuivre...) ou le résultat de l'application de politiques économiques coloniales, comme les cotonnades anglaises exportées qui lamineront le secteur textile en Inde dans la première moitié du XIXe siècle.

Les coûts de transport extrêmement faibles, grâce à la conteneurisation et à l'abondance en pétrole, sont aussi, d'une certaine manière, une « solution » à la pollution locale, car ils permettent, à une échelle encore jamais atteinte, l'éloignement entre nos actes (consommer) et leurs conséquences environnementales et sociales (produire). On externalise les pollutions au Bangladesh, en Chine ou ailleurs, comme l'électricité et les usines à gaz permirent de repousser la pollution en périphérie des villes dans le dernier quart du XIXe siècle. Edison permet de

s'éclairer et de se chauffer sans l'odeur et les traces de suie du charbon, du pétrole ou du gaz. Pourtant, la pollution est bien là — les centrales à charbon restent de très loin la première source mondiale d'électricité et de chaleur — mais délocalisée à l'extérieur du tissu urbain. Les véhicules électriques ou à hydrogène tiennent d'ailleurs du même mythe : ceux-ci seraient « propres » car inodores et sans rejets à l'utilisation. C'est faux, puisqu'il faut bien produire l'électricité ou l'hydrogène et — quand bien même l'énergie serait facilement disponible et réellement propre, ce qui n'est jamais le cas — fabriquer les véhicules, consommer batteries, pneus, équipements intérieurs, qui généreront toujours des déchets en partie ingérables.

À quoi ressembleraient nos campagnes, s'il avait fallu y monter ces dernières années les nouvelles usines — et assumer leurs rejets — correspondant à notre consommation exponentielle de téléphonie et d'informatique, de jouets, de vêtements, ou de produits chimiques ? La réponse est sans doute à trouver dans les paysages des zones industrielles chinoises récentes.

Le grand tournant

Ainsi, même si des progrès techniques sont régulièrement apparus depuis le néolithique ou l'Antiquité, il est évident que la période charnière de la fin du XVIIIe à la fin du XIXe siècle a été déterminante. Le changement d'échelle de la production, les percées technologiques les plus importantes et les plus nombreuses, en particulier pour la fabrication et l'accès aux matières premières, marquent bien l'incroyable accélération de la rupture thermo-industrielle.

Le XXe siècle n'est pas en reste, évidemment, avec les gigantesques gains de productivité de la mécanisation, de la robotisation puis de l'informatisation. Car nous avons non seulement trouvé des techniques permettant l'accès à des ressources abondantes, mais également réussi à réduire considérablement le temps humain investi pour les produire : de *Germinal* aux mines australiennes ultramécanisées, des ateliers aux chaînes de production automatisées, du tourneur-fraiseur aux machines-outils à commande numérique, c'est bien ce qui a permis la gabegie actuelle d'utilisation de matières premières et de consommation de produits finis.

Bien sûr, il ne s'agit pas de réduire la révolution industrielle à sa dimension technique, ni à l'aventure de quelques inventeurs, fussent-ils de génie. Car celle-ci résulte tout autant, sinon

plus, de ruptures sociales, de la *grande transformation*[17] des rapports économiques : concentration du travail en usine et développement du salariat, apparition du « marché libre », modification du rapport à la propriété. Il ne s'agit pas non plus d'idéaliser nos « ingénieurs » thaumaturges comme de bons samaritains luttant contre la pénurie chez leurs concitoyens (Thomas Edison, fondateur de General Electric, n'était pas un enfant de chœur mais un *businessman* avisé), ni de surévaluer la dimension personnelle des innovations techniques[18].

Toutefois, le fait est que, globalement, l'ensemble du système technique, adossé, enchâssé dans un système social, moral et culturel qu'il modifiait à mesure, a jusqu'à présent plutôt bien répondu aux risques de pénurie, pour l'ensemble des ressources. Tout cela a eu un prix, naturellement. Celui d'une fuite en avant, d'une accélération permanente entre des pénuries et de nouvelles solutions pour y répondre, créant elles-mêmes de nouveaux besoins et de nouvelles pénuries. Celui de pollutions, de destructions sociales et environnementales sans précédent. Les ingénieurs font rarement des omelettes sans casser des œufs.

Pourquoi les high tech n'y répondront pas cette fois

Pourquoi cette fois cela serait-il différent, alors que le nombre de chercheurs, de scientifiques, d'universitaires, de laboratoires, d'outils de partage de la connaissance, de « partenariats industrie-recherche », et d'incantations à l'innovation, n'a jamais été aussi élevé ?

Tout esprit rationnel devrait d'abord rétorquer que ce n'est pas parce que cela s'est toujours produit que cela va continuer. Le passé ne prouve pas le futur, sauf pour les fonctions mathématiques, et encore. Si je saute du haut d'une tour, le fait que je sois arrivé au niveau du troisième étage sans encombre ne [60] m'empêchera sans doute pas de m'écraser. Comme dit le fou qui insère une nouvelle pièce dans le distributeur de boissons : « Tant que je gagne, je joue ! »

Bien sûr, vous allez me dire que l'on nous a déjà fait le coup, que « cela commence à bien faire » : de Malthus à Dennis Meadows et son rapport au Club de Rome en 1972, des alarmistes du XIXe siècle criant au loup sur les réserves de charbon ou de minerais, à cette récente histoire de *peak oil* dont on nous rebat les oreilles, mais sans voir venir grand-chose. Certes, les prix de l'essence et du diesel augmentent, mais, franchement, pas tellement plus que tout le reste : les

loyers, l'immobilier, la baguette de pain ou le café au comptoir — surtout depuis le passage à l'euro, non ? Et si l'on compare l'évolution depuis les années 1970 du salaire horaire minimal et du prix au litre de l'essence, clairement le carburant est de nos jours nettement moins cher : il faut travailler moins longtemps pour faire le plein de sa voiture, et en plus celle-ci consomme moins — par contre, l'évolution urbaine et les habitudes nous font faire plus de kilomètres.

Pour les thuriféraires de la technique, tout paraît plutôt bien ficelé : pour l'énergie, on finira bien par avoir la fusion nucléaire ou au moins les surgénérateurs qui régleront le problème des réserves limitées d'uranium 235. Ou, pour les plus « verts », des renouvelables bien propres et de l'hydrogène à gogo pour le stockage et les voitures. Et, en attendant, le nucléaire de génération 3 (type EPR), les gaz et les pétroles de schiste nous permettront largement de voir venir ! Contre le changement climatique, on fera de la capture et du stockage de C02. Quant au problème des métaux, c'est simple, puisqu'ils sont recyclables à l'infini : vive « l'économie circulaire » ! Et pour la production alimentaire mondiale, les plantes génétiquement modifiées, avec en complément l'aquaculture pour faire face à l'effondrement avéré des stocks de poissons sauvages.

Malheureusement, cette vision idyllique repose sur une grave méconnaissance de plusieurs phénomènes physiques et du caractère « systémique » de notre société industrielle, et sur un certain optimisme — certes confortable ! — face aux grandes difficultés à surmonter. Regardons cela d'un peu plus près.

Qualité et accessibilité des ressources : rendement énergétique et « peak everything »

Encore un lieu commun : notre société industrielle est désormais largement fondée sur l'exploitation de ressources non renouvelables. Pour faire simple, disons qu'il s'agit essentiellement des énergies fossiles et des métaux.

Les énergies fossiles nous fournissent plus de 87 % de notre énergie primaire (hors biomasse non commerciale) (*figure 2*), tandis que les renouvelables ne représentent que 8 % (dont 4/5 en hydroélectricité), et le nucléaire les derniers 5 %. Les métaux sont disponibles en

quantité limitée et géographiquement mal répartie, à l'exception notable du fer et de l'aluminium, dont les quantités dans la croûte terrestre sont très importantes, respectivement 5 % et 8 %, et dont l'exploitation est une problématique avant tout énergétique.

Oui ou non, nos capacités technologiques, actuelles et à venir, permettront-elles de faire face, à court, moyen et long termes aux risques de pénuries sur ces deux catégories de ressources ? C'est-à-dire de transformer des *ressources* (potentiellement exploitables) en *réserves* (effectivement exploitables, au niveau de technologie pratiqué et au prix du marché) ? Par définition, on peut augmenter les réserves en trouvant de nouvelles ressources par exploration, en améliorant les techniques d'exploitation et de production, ou en faisant monter le prix. Dans les deux premiers cas, les connaissances techniques et scientifiques sont effectivement fort utiles.

Que ce soit pour les énergies fossiles ou pour la plupart des métaux, les ressources potentielles encore sous terre (ou sous mer) sont gigantesques : les désormais fameux pétroles et gaz de schiste, les nodules polymétalliques sous-marins, voire les hydrates de méthane et autres encroûtements cobaltifères. On peut théoriquement aller très loin dans l'exploitation et tenir, en fonction des hypothèses, des décennies voire des siècles (personne ne se pose la question au-delà, même si cela a d'étranges implications morales sur la consommation d'un stock fini, mais bon). Toutefois, il y a un problème de qualité, d'accessibilité de ces ressources, car nous avons, c'est compréhensible, commencé par taper dans le stock qui était le plus facilement exploitable, le plus riche, le plus concentré.

Si vous interrogez des spécialistes des métaux, la plupart vous diront qu'il n'y a pas de problème fondamental. Certes la qualité des minerais — leur concentration en métal — est en forte baisse (cuivre, zinc, plomb...), avec l'épuisement des grandes mines à forte teneur en métal. Mais il suffira de creuser plus profond, d'extraire plus de minerai de moindre qualité. « Toute chose égale par ailleurs », donc, il n'y a pas de risque de pénurie. Cependant, il faudra dépenser plus d'énergie par tonne de métal produite : et c'est là que les ennuis commencent.

Qualité des ressources énergétiques

Chez les spécialistes de l'énergie, la réponse est plus ambiguë, car il faut tenir compte d'un facteur supplémentaire. Vous pouvez vous permettre d'exploiter un minerai contenant

seulement 3 ou 5 g d'or par tonne, ce n'est qu'une question d'énergie à y mettre pour extraire, charrier, broyer la tonne en question, donc de prix à payer à l'arrivée pour votre métal précieux. Il en va autrement pour l'énergie. Ici, il faut s'assurer de récupérer nettement plus d'énergie que ce qui a été investi, puisque votre but est justement de « produire » de l'énergie. C'est le rendement, ou « retour sur investissement » énergétique (en anglais EROI, *Energy Return On Energy Invested*). Et justement, celui-ci varie fortement en fonction de la ressource (*figure 3*).

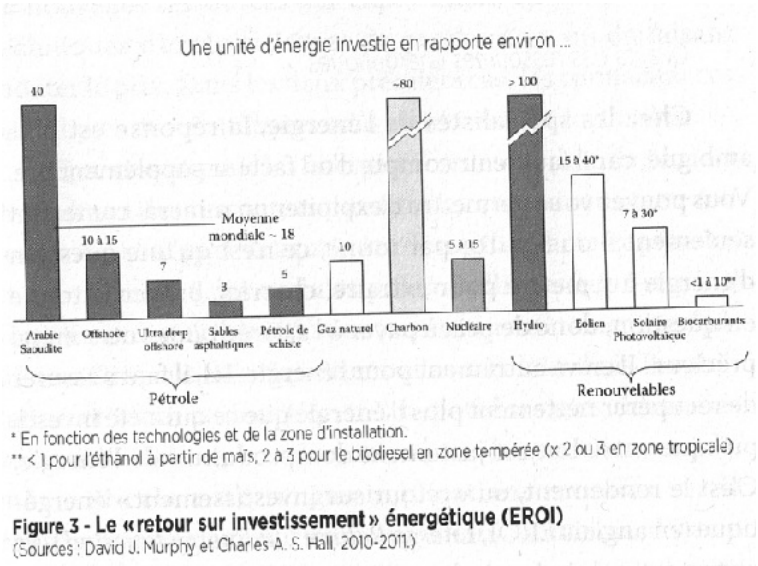


Figure 3 - Le « retour sur investissement » énergétique (EROI)
(Sources : David J. Murphy et Charles A. S. Hall, 2010-2011.)

C'est particulièrement vrai pour le pétrole. Ainsi, alors qu'il ne faut, depuis les années 1930, « investir » que 2 ou 3 barils de pétrole pour en produire 100 dans les champs géants *onshore* d'Arabie Saoudite (soit un rendement autour de 40), il faut en investir 10 à 15 pour produire ce même pétrole *offshore*. On atteint le ratio époustouflant de 1 baril pour en produire 3 dans le cas des sables asphaltiques de l'Athabasca (Canada). En l'espèce, ce baril d'énergie est investi sous forme de gaz naturel, qui sert à chauffer le sable pour extraire et liquéfier le pétrole (le « bitume ») qui y est mêlé. En clair, on brûle du gaz pour produire deux à trois fois plus de pétrole.

Il reste donc encore beaucoup d'énergie fossile sous nos pieds, mais il faut mettre toujours plus d'énergie pour l'extraire, [65] et la mise en production est de plus en plus compliquée. Le pétrole est emblématique, car c'est le premier à subir cette forte dégradation de l'accessibilité et de la qualité des ressources, au point que le pétrole dit « conventionnel » (c'est-à-dire, *grosso modo*, avec un rendement énergétique acceptable...) a ainsi passé son pic de production — le *peak oil* — dès 2006.

Les ressources de charbon et de gaz naturel sont plus importantes, malheureusement pour le climat de la planète, mais là aussi les pics de production finiront par être atteints, peut-être dans les décennies 2020-2030. Cela pourrait même s'accélérer, car la raréfaction du pétrole,

source unique et difficilement substituable d'énergie dans les transports (*figure 4*), pousse à produire des carburants liquides à partir de charbon ou de gaz — le *Coal-to-Liquids* (CTL) ou *Gas-to-Liquids* (GTL). Il s'agit du procédé Fischer-Tropsch, mis au point dans les années 1920 et développé par l'Allemagne pendant la Seconde Guerre mondiale, afin de produire le kérosène de la Luftwaffe à partir de ses mines de charbon. Plus tard, l'Afrique du Sud sous embargo pétrolier en est devenue la spécialiste mondiale.

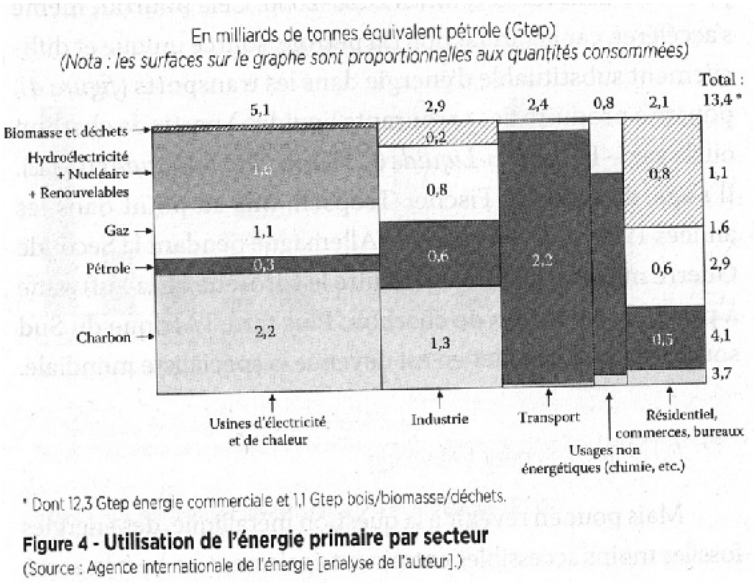


Figure 4 - Utilisation de l'énergie primaire par secteur
(Source : Agence internationale de l'énergie [analyse de l'auteur].)

Du peak oil au peak everything

Mais pour en revenir à la question métallique, des énergies fossiles moins accessibles entraînent également un besoin accru en métaux : il suffit de comparer un simple puits texan avec son homologue *deep offshore*, gigantesque plateforme métallique entourée d'une nuée de bateaux de ravitaillement, d'hélicoptères, des forages directionnels de haute technologie, etc. Mauvaise nouvelle, c'est également le cas pour les énergies renouvelables, qui font massivement appel aux ressources métalliques, et des plus rares, comme le néodyme et le dysprosium dans les aimants permanents pour les génératrices d'éoliennes, le gallium, l'indium, le sélénium, le cadmium ou le tellure pour les panneaux photovoltaïques à haut rendement (technologies CIGS ou Cd-Te), le cuivre qui est utilisé en quantité plus importante par unité d'énergie produite...

Nous pourrions nous permettre des tensions sur l'une ou l'autre des ressources, énergie ou métaux. Mais le défi est que nous devons maintenant y faire face à peu près en même temps : plus d'énergie nécessaire pour les métaux moins concentrés, plus de métaux nécessaires pour

une énergie moins accessible. Le pic de pétrole sera donc vraisemblablement accompagné ou suivi d'un pic de tout, un « *peak everything* »[19]. Et, pour décevoir les plus optimistes, on n'ira pas chercher nos ressources métalliques futures sur la Lune ou sur des astéroïdes car la dépense énergétique est tout simplement inacceptable, tandis que les milliers d'années d'énergie nucléaire ne tiennent pas la route puisqu'il faut reconstruire des centrales une ou deux fois par siècle, sans pouvoir recycler les matériaux qui ont été irradiés. Ainsi, même avec des surgénérateurs, il faut résister à la température, la pression, la chaleur, la corrosion, l'irradiation. Dans quelques siècles ou millénaires, comment fera-t-on sans nickel, titane, cobalt ou tantale nécessaires aux alliages à haute performance employés dans la robinetterie nucléaire ? Sans zirconium pour emballer les « crayons » de combustible ? Sans plomb pour absorber les radiations et sans tungstène pour les conteneurs de combustible nucléaire ? Sans hafnium, cadmium, indium, argent, sélénium ou bore pour absorber les neutrons dans les barres de commande et de contrôle ?

Ce pic géologique et énergétique sera vraisemblablement renforcé par un pic « systémique », car d'autres facteurs viendront aggraver les causes purement physiques et techniques : problèmes d'accès sécurisé aux ressources dans des zones instables, de disponibilité du personnel, par exemple de géologues confirmés (car la profession a peu embauché depuis vingt ans), pour gérer la croissance de la demande ; soubresauts de la crise économique et financière, qui peut refroidir les investisseurs, les nouveaux projets miniers se chiffrant en milliards de dollars.

Limites de l'économie circulaire

Bien sûr, il y a une autre différence entre l'énergie et les métaux : ceux-ci, une fois extraits, ne sont pas perdus comme les énergies fossiles parties en fumée. Il suffirait donc de les recycler indéfiniment, une fois extraite la quantité adéquate (mais laquelle ?) de métaux nécessaires à notre société. Même si, en réalité, en vertu du second principe de la thermodynamique, on en dissipe toujours un peu, que ce soit au moment du recyclage lui-même (la perte au feu) ou pendant l'usage (la pièce de monnaie qui s'use imperceptiblement au fil du temps, car « le fer et le cuivre se vont usant et consumant par le seul attouchement des mains de l'homme »[20]).

Malheureusement, il existe des limites physiques, techniques et sociétales au recyclage dans un monde aussi technicisé que le nôtre. D'abord, certains matériaux, comme les polymères

thermodurcissables (polyuréthanes par exemple), ne peuvent tout simplement pas être refondus. D'autres, comme les emballages alimentaires ou médicaux, sont souillés et inexploitables.

Ensuite, la complexité des produits, des composants (dizaines de métaux différents dans un téléphone portable ou un ordinateur) et des matières (milliers d'alliages métalliques différents, mélanges de plastiques et d'additifs, matériaux composites) nous empêche d'identifier, de séparer et de récupérer facilement les matières premières. Ainsi du nickel, pourtant facilement repérable (aciers inoxydables) et assez coûteux, qui n'est recyclé correctement qu'à 55%. 15% sont bien captés et recyclés, mais perdus « fonctionnellement » ou avec « dégradation de l'usage » car ils ont été noyés dans de l'acier carbone de bas de gamme, tandis que 35 % sont égarés entre mise en décharge et incinération. En trois cycles d'utilisation, on perd donc de l'ordre de 80 % de la ressource. Et il s'agit d'un métal plutôt bien recyclé, le pourcentage de récupération ne dépassant pas 25 % pour la plupart des « petits » métaux.

Enfin, pour une part non négligeable, les métaux font également l'objet d'usages dispersifs, donc non recyclables. Ils sont utilisés comme pigments dans les encres et les peintures, comme fertilisants, additifs dans les verres et les plastiques, pesticides (*figure 5*)... On touche parfois dans ce domaine à l'absurde, jusqu'à utiliser de l'argent — aux propriétés antibactériennes — sous forme nanométrique dans des chaussettes, comme *technologie anti-odeurs* !

Métal	% usage dispersif (chimie hors catalyse)	Exemples d'applications
Cadmium	20 %	Pigments (plastique, verre, céramique), stabilisant (plastique)...
Chrome	≈ 10 %	Pigments, tannage des cuirs...
Cobalt	17 %	Pigments, pneus, colles, savons, siccatifs...
Étain	14 %	Stabilisant (PVC), peintures anti-algues, préservation (bois)...
Manganèse	10 %	Piles, additif (céramique), pharmacie, purification (eau) ...
Molybdène	≈ 30 %	Pigments, lubrifiants...
Plomb	12 %	Additif (verre/cristal, céramique), stabilisant (PVC), pigments...
Titane	95 %	Pigments, cosmétiques, dentifrices...
Zinc	6 %	Pigments, pneus, cosmétiques, pharmacie...

Figure 5 - Usages dispersifs pour quelques métaux
(Sources : Société française de chimie, BRGM (Mineralinfo), fédérations industrielles.)

Perte par dispersion (à la source), perte mécanique (la boîte de conserve, l'agrafe et le stylo partis en décharge), perte fonctionnelle (par recyclage inefficace), perte entropique (marginale) : tel est notre destin, le cercle vertueux du recyclage est percé de partout, et à chaque « cycle » de consommation on perd de manière définitive une partie des ressources. On [70] n'ira pas gratter la peinture anticorrosion à l'étain et au cuivre sur les vieux bateaux. On n'ira pas ramasser, sur le bitume des autoroutes, les particules de zinc, de cobalt (usure des pneus) ou de platine (faibles rejets des pots catalytiques). Et on ne sait pas récupérer tous les métaux

présents, en quantités infimes, sur une carte électronique.

Monter les taux de recyclage est donc une affaire très compliquée, qui ne se limite pas à la faculté de collecter les produits en fin de vie et de les intégrer dans une chaîne de traitement. Dans de nombreux cas, il serait nécessaire de revoir en profondeur la conception même des objets, tant pour les composants utilisés — la carte électronique avec des dizaines de métaux différents présents — que pour les matières premières même : mélanges de composés organiques et minéraux, comme dans la plupart des plastiques, objets imprimés comme les boîtes de conserve...

Emballement de la croissance « verte »

Or, les technologies que nous espérons salvatrices ne font qu'ajouter à ces difficultés. En misant sur le tout-technologique pour notre lutte contre le changement climatique, nous risquons fort de créer de nouvelles pénuries (elles-mêmes nécessitant un recours accru à l'énergie) et d'accélérer ainsi le système de manière involontaire. Car les « technologies vertes » sont généralement basées sur des nouvelles technologies, des métaux moins répandus et contribuent à la complexité des produits, donc à la difficulté du recyclage. Prenons quelques exemples.

Pour réduire de quelques grammes les émissions de C02 par kilomètre, sans renoncer ni à la taille ni aux performances (principalement la vitesse et la résistance au choc) des véhicules, la seule solution, en dehors du rendement du moteur lui-même, est de les alléger. Pour cela, on utilise des aciers de haute performance, toujours plus complexes, alliés avec de petites quantités de métaux non ferreux (manganèse, vanadium, niobium, titane...): non seulement ceux-ci ne sont plus récupérables en fin de vie (et sont recyclés en acier carbone pour armatures à béton du bâtiment), mais le niveau attendu de « pureté » des alliages est tel qu'il est nécessaire d'y employer des aciers de première fonte.

Les bâtiments basse consommation ou à énergie positive sont eux aussi consommateurs de nombreuses ressources rares : équipements bourrés d'électronique (capteurs, gestion technique du bâtiment, micromoteurs des stores électriques automatiques...), additifs dans les verres faiblement émissifs, etc.

Pour développer les énergies renouvelables de manière significative, sans remise en cause

de nos exigences en termes de continuité de service, il serait (sera ?) nécessaire de relier les milliers d'éoliennes, de « fermes » photovoltaïques et de dispositifs de stockage (dans les batteries de véhicules, sous forme de méthane, d'hydrogène, etc.) par des *smart grids* (réseaux intelligents) afin de permettre à tout instant l'équilibre entre une offre erratique et intermittente et une demande variable, avec des consommateurs qui seront connectés par des compteurs eux aussi « intelligents » et communicants (Linky d'ERDF, en phase pilote) permettant d'effacer la demande. Un tel *macrosystème technique* sera basé sur de très nombreux équipements *high tech*, bourrés d'électronique et de métaux rares.

Effet parc et effet rebond

Problème d'échelle : l'effet parc

Bien sûr des innovations techniques intéressantes peuvent apparaître et se développer : il peut s'agir de nouveaux produits (comme des isolants plus performants pour les habitations) ou de procédés industriels plus efficaces (plus économes en énergie ou en intrants, ou moins polluants). Mais on se heurte à un problème d'échelle, à un « effet parc » : comment assurer, asse » rapidement, le remplacement de l'existant et le déploiement généralisé des nouvelles technologies ?

De dix à vingt ans sont nécessaires pour que l'ensemble du parc automobile se renouvelle, et donc atteigne le niveau de la dernière norme en vigueur. Dans le bâtiment, il faudra des décennies, voire un siècle, même à un rythme accéléré de rénovation urbaine et d'isolation thermique, pour arriver à un niveau de consommation énergétique acceptable sur l'ensemble du parc existant. Sans compter que de très nombreux bâtiments (qui font souvent partie de notre patrimoine historique) ne pourront jamais atteindre ces niveaux acceptables, car ils n'ont pas été conçus pour (pas d'isolation par l'extérieur notamment)... à moins de renoncer tout simplement à les chauffer correctement !

Quant aux procédés industriels plus efficaces, on se heurte à la question de la valeur

comptable des installations existantes, qui doivent être amorties avant d'être modifiées. Deux exemples sont particulièrement parlants.

Les centrales électriques à charbon « classiques » ont un rendement de l'ordre de 35 à 40% (conversion de l'énergie du charbon en électricité). Il existe depuis plusieurs années des centrales dites supercritiques ou ultra-supercritiques, dont le rendement monte jusqu'à 45 voire 50 % (un gain littéralement énorme). Cependant, elles sont plus coûteuses, donc pas forcément intéressantes à installer. La plupart des centrales chinoises récentes (dans les années fastes comme 2007-2008, la Chine en installait une par semaine, soit la capacité électrique de la France, nucléaire compris, chaque année) sont de type classique. Vu la durée de vie de ces centrales, il ne faut donc pas espérer de gain de rendement et d'économies d'émission de C02 avant des décennies.

Certains techniciens et experts pétroliers poussent au développement de la technologie de captage et séquestration du C02: il s'agit de récupérer les émissions des centrales électriques et grosses usines (cimenteries, hauts-fourneaux) pour les stocker dans des aquifères salins ou d'anciens champs pétroliers et gaziers. C'est ce que l'on appelle le charbon propre (délicieux oxymore). Il y a des pertes de rendement (pour capter, transporter, compresser le gaz) et potentiellement des risques, mais cette technologie est vue par les plus hautes instances internationales comme un levier contre le changement climatique, puisque les besoins en électricité vont croissant et que le charbon est incontournable. Mais, entre le temps de mise au point de la technologie et la durée de vie de chaque centrale, il est probable que le siècle sera sérieusement entamé avant qu'il y ait le moindre effet significatif.

Il en va de même pour de nombreuses innovations. La prochaine fois que vous tombez sur un article proposant une belle infographie sur le transport de fret à la voile ou par dirigeable... pensez aux milliers de porte-conteneurs, de minéraliers, de pétroliers, qui sillonnent les océans.

Exemple des énergies renouvelables

[75]Indéniablement nous pouvons, et devons, développer les énergies renouvelables. Mais ne nous imaginons pas qu'elles pourront remplacer les énergies fossiles et nous permettront de maintenir la débauche énergétique actuelle. Les promoteurs de projets titanesques qui font

régulièrement la une des grands journaux et magazines, selon plusieurs variantes comme Désertée ou le plan B « Wind Water Sun » de Mark Z. Jacobson de l'université Stanford, font pourtant semblant d'y croire.

Désertée propose l'installation, d'ici 2050, de vingt centrales solaires à concentration (CSP) dans le Sahara, afin de produire 700 TWh (milliards de kWh) par an (13 % de la consommation électrique européenne *actuelle*). Et ce pour 400 milliards d'euros, inclus les lignes à haute tension. Ce qui en fait une électricité à peu près aussi chère que celle de l'EPR de Flamanville (avec 8,5 milliards d'euros pour 13 TWh/an, selon les dernières annonces), ce qui n'est pas peu dire. D'ailleurs, preuve de la viabilité économique bien incertaine du projet, la plupart des industriels partenaires s'en sont récemment retirés, mais les beaux effets d'annonce n'en sont pas moins restés dans notre inconscient collectif.

Certes, un quadrilatère de quelques dizaines ou centaines de kilomètres de côté dans le Sahara pourrait fournir toute l'électricité mondiale, mais ces calculs de coin de table ne veulent rien dire. Pour produire les 22000 TWh de la consommation électrique mondiale (en 2011), il faudrait installer l'équivalent de cinq cents années de production actuelle de panneaux solaires (ou, plus modestement, cent vingt années pour la consommation électrique européenne) ! Sans oublier qu'au bout de quarante ans au plus, il faudrait tout recommencer, étant donné la durée de vie des panneaux photovoltaïques. Et qui passerait le balai à chaque tempête de sable sur les dizaines de milliers de kilomètres carrés de panneaux ?

Encore faut-il ne pas confondre électricité mondiale et énergie mondiale : je vous passe les assommants calculs (ne pas confondre énergie primaire et énergie finale, comparer les rendements des moteurs thermiques et électriques...), mais il faudrait alors au bas mot deux mille années de production de panneaux solaires. Bien sûr, je suis un peu de mauvaise foi, car on peut faire de la croissance (verte) des capacités de production, par exemple les décupler (on l'a déjà largement fait par le passé) ou les centupler. Mais quel défi industriel, tellement improbable ! Il faudrait commencer par construire des *usines d'usines* de panneaux, des bases logistiques monstrueuses... sans parler, surtout, de la disponibilité en métaux, en matériaux synthétiques, issus du pétrole et difficilement recyclables.

« Wind Water Sun » propose de couvrir les besoins en énergie de l'ensemble du monde, uniquement avec des renouvelables, d'ici 2030. Pour cela, il faudrait installer 3,8 millions d'éoliennes de 5 MW et 89000 centrales solaires de 300 MW chacune (on admirera la précision toute mathématique des chiffres). En s'y mettant en 2015, il faudrait donc installer en quinze

ans 19000 GW d'éoliennes : sachant que l'on en a installé 40 GW au plus par an ces cinq dernières années, il s'agirait tout bonnement de multiplier par trente la capacité de production et d'installation actuelle. M. Jacobson n'a manifestement jamais mis les pieds dans une usine, et ne sait pas qu'il faut aussi de l'acier, du ciment, des résines polyuréthanes, des terres rares et du cuivre, des bateaux et des grues, entre autres, pour fabriquer et installer une belle éolienne « propre ».

Et comment ne pas mentionner des technologies enthousiastes comme l'énergie des vagues et de la houle, tel le système Pelamis (un boudin de 150 m'de long pour 750 kW de puissance, soit une production annuelle d'environ 2,7 GWh, millions de kWh). Pour produire l'équivalent d'un seul réacteur nucléaire (8 T Wh), il faudrait installer la bagatelle de 3 000 boudins, dans 75 fermes océaniques de 130 hectares chacune. Nos derniers marins pêcheurs vont devoir apprendre à slalomer, et prière de ne pas rire, car certaines de ces solutions « innovantes », comme les hydroliennes, sont en test, avec de l'argent public.

Il existe des scénarios plus sérieux, bien sûr, comme négaWatt pour la France, dont l'immense mérite est de commencer par questionner le besoin, et de projeter une baisse significative de la consommation énergétique à l'horizon 2050. La production de 200 TWh en éolien et 90 TWh en solaire photovoltaïque, en complément d'une exploitation forte et systématique de la biomasse, reste cependant un objectif très ambitieux (à comparer à la production mondiale actuelle, de l'ordre de 450 TWh et 60 TWh respectivement).

Bref, que l'on se le dise : éolien, solaire, biogaz, biomasse, biocarburants, algues ou bactéries modifiées (cf. *infra*), hydrogène, méthanation, quels que soient les technologies, les générations ou les vecteurs, nous serons rattrapés par un des facteurs physiques : impossible recyclage des matériaux (on installe d'ailleurs aujourd'hui des éoliennes et des panneaux solaires à base de matériaux que l'on ne sait *pas* recycler), disponibilité des métaux, consommation de surfaces, ou intermittence et rendements trop faibles.

Les différentes énergies renouvelables ne posent pas forcément de problème en tant que telles — mieux vaut probablement une éolienne qu'un générateur de même puissance au diesel — mais c'est l'échelle à laquelle certains imaginent pouvoir en disposer qui est irréaliste. Le déploiement généralisé du bon *mix* d'énergies renouvelables reste à penser et ne pourra répondre que difficilement à certains usages. En particulier, la question des transports et celle du stockage (et donc de la capacité à adapter la production à la demande très variable) n'ont pas de réponse satisfaisante, avec un besoin en métaux irréaliste (batteries) ou des pertes de

rendement trop grandes (gazéification et méthanation). Il n'y a pas assez de lithium sur terre pour équiper un parc de plusieurs centaines de millions de véhicules électriques, et pas assez de platine pour un parc équivalent de véhicules à hydrogène. Et rappelons, une bonne fois pour toutes, que l'hydrogène n'est pas une source d'énergie, mais seulement un vecteur. Nul doute que le pétrole, et surtout le charbon, sont encore là pour longtemps. Même si ce n'est pas une bonne nouvelle...

Effet rebond et emballement des besoins

Les contraintes techniques ne sont pas seules en cause pour limiter le déploiement ou l'impact des « bonnes » innovations. L'effet rebond est bien connu. Les économies de consommation ne sont pas toutes récupérées car le coût d'utilisation en baisse fait augmenter la demande : ainsi, ma voiture qui consomme moins de carburant me permet de rouler plus de kilomètres, et éventuellement de dépenser autant de carburant pour un budget de départ donné. L'effet rebond est alors égal à 100 %, et il peut même être supérieur, comme dans le paradoxe de Jevons, où l'abaissement du coût fait fortement augmenter la demande, avec l'exemple de l'introduction de la machine à vapeur de Watt.

La « perte en ligne » d'une partie des économies théoriquement atteignables par l'innovation ne vient d'ailleurs pas toujours du consommateur final, mais aussi des constructeurs. C'est flagrant dans le secteur automobile, où les moteurs sont toujours plus efficaces... mais pour mouvoir des objets toujours plus pondéreux. À quoi bon avoir un véhicule hybride, s'il pèse à vide 1,6 ou 1,8 tonne ?

Enfin, il faut garder en tête que les besoins s'emballent, notamment sous l'effet du « rattrapage » des pays « émergents » [80] et de l'effet démographique. C'est bien de gagner quelques points ou dizaines de points de pourcentage sur le rendement d'un procédé industriel. Mais, en parallèle, la consommation de charbon ou d'aluminium a augmenté de 60% en dix ans. D'une manière ou d'une autre, il va falloir changer de braquet.

Les contraintes engendrées par l'innovation elle-même

Reste à savoir si notre système économique actuel et son besoin de croissance, le fonctionnement et le financement de la recherche avec les partenariats public-privé, les modes de protection de la propriété intellectuelle et de rémunération des brevets, permettent aujourd'hui de faire émerger les « bonnes » innovations, celles qui permettront les économies de ressources.

La réponse est probablement en partie dans la question. On connaît le besoin d'obsolescence physique ou culturel, poussé par les oligopoles industriels[21] ou la publicité, et l'on ne voit pas bien comment les choses pourraient changer sans une poussée réglementaire extraordinaire et compliquée à mettre en œuvre.

Une partie des innovations, et il est à craindre la plus grande — car c'est celle qui rapporte -, permet donc de remplir les besoins absurdes générés par le système : des particules nanométriques qui permettent à une crème solaire d'offrir protection et sensation de fraîcheur ; des puces RFID qui permettent de payer son chariot de supermarché sans passer en caisse ; des vitrages pour bureaux paysagers qui deviennent opaques par impulsion électrique ; des réfrigérateurs qui préparent la liste des courses... On est loin de la « révolution » de la machine à vapeur ou de l'assolement triennal !

Ces exemples sont caricaturaux, mais emblématiques d'un bon nombre d'« innovations » d'aujourd'hui. Franchement, développerait-on de telles applications *high tech* si l'on connaissait le réel prix à payer, en termes de rejets d'usine, de disparition des espaces naturels et des ressources, de destruction de tout ce qui a sustenté, physiquement et intellectuellement, l'humanité depuis des millénaires ? Rien n'est moins sûr. Mais comme ces nouvelles innovations sont souvent des « applications civiles », des retombées de la recherche militaire, on ne nous pose pas la question avant de nous les imposer. L'innovation a toujours été intimement liée aux techniques militaires — depuis la hache de cuivre ou de bronze, plus pratique que la hache de pierre pour défricher, mais aussi pour fracasser le crâne d'un voisin antipathique -, en particulier les *high tech* (aéronautique, Internet, électronique, télécommunications). La convergence en cours des « NBIC », nanotechnologies/biotechnologies/intelligence artificielle/sciences cognitives, du fantassin du futur aux drones miniaturisés[22], en est l'exemple le plus récent.

Effet système et rendements décroissants

Tout est lié. Depuis notre entrée dans l'« Anthropocène », la grande accélération de la révolution industrielle, quand on croit trouver une solution technique à une pénurie on en crée d'autres ailleurs, ou des dégâts, car notre Terre est bien de dimension finie. Les différents problèmes interagissent entre eux, se renforcent par des boucles de « rétroaction positive », c'est-à-dire agissent comme des facteurs aggravants : moins de métaux implique moins d'énergie, et donc à terme moins d'accès aux métaux ; la saturation urbaine augmente la consommation d'énergie et de ressources métalliques ; les pratiques agricoles épuisent les sols qui requièrent plus d'intrants, donc plus d'énergie. Une partie des innovations ne sert qu'à gérer, ou tenter de gérer, la complexité ou les effets négatifs induits par les innovations précédentes.

Quelle est la capacité de résilience d'un système toujours plus complexe et interdépendant fonctionnant en flux tendus, sa capacité à résister aux perturbations économiques et sociales à venir, qui seront, à n'en pas douter, nombreuses à l'échelle mondiale ? Elle est sans doute très faible aujourd'hui, tant le système industriel et financier est devenu imbriqué et ingérable. Les grandes entreprises assemblent des sous-systèmes fabriqués sur l'ensemble de la planète, avec des matières premières en provenance de dizaines de pays différents.

Plus nous rendrons le système complexe — et ne doutons pas que plus de technologie signifie plus de complexité -, plus il sera dur de le maintenir économiquement et plus il sera potentiellement sensible à des perturbations venues de l'extérieur ; changement climatique, pénurie de ressources, géopolitique, ou catastrophes industrielles de type Fukushima...

Certains voient dans les énergies renouvelables une possibilité de relocalisation, de maîtrise par les territoires de la production énergétique. C'est sans conteste vrai pour des technologies simples (solaire thermique domestique ou petites éoliennes), sûrement pas pour les développements *high tech* que l'on nous promet : la fabrication, l'installation et la maintenance des monstres techniques que sont les éoliennes de 3 ou 5 MW ne sont à la portée que d'une poignée d'entreprises transnationales, s'appuyant sur une organisation de production mondialisée et une expertise fortement centralisée, mettant en œuvre des moyens industriels coûteux (ingénierie, conception et matériaux perfectionnés, simulations informatiques, logistique hors norme — barges, bateaux, grues, remorques spéciales...). Les futurs clients dépendront d'un réseau de fabrication et de distribution de pièces détachées ultratechniques, bourrées d'électronique de puissance complexe à tous les étages... à mille lieues d'une production autonome, résiliente, ancrée dans les territoires, et maîtrisable par des entreprises et des populations locales.

En finir avec les dernières tartes à la crème high tech

Quelles sont aujourd'hui les dernières promesses de nos savants et ingénieurs thaumaturges, puisque les incantations à augmenter le taux de recyclage ne suffiront pas ? Pour répondre aux pénuries de matière, le tiercé gagnant serait : la « bioéconomie », supposée remplacer les ressources fossiles (utilisation non énergétique du pétrole, du gaz ou du charbon) par des matières premières renouvelables, les « bioressources » ; les nanotechnologies, censées économiser ou substituer des matières premières rares, grâce à la miniaturisation et à la propriété particulière des matériaux à l'échelle atomique ; enfin, la dématérialisation de l'économie, qui autoriserait une future « économie 2.0 » à croître sans augmenter ou en réduisant le prélèvement sur les ressources.

La « bioéconomie »

D'abord, de quoi parle-t-on exactement ? Suivons le code couleur « marketing » en vogue dans les présentations institutionnelles ou pour public averti sur les biotechnologies (*figure 6*). Celui-ci a été inventé pour distinguer, à des fins de meilleure *acceptabilité sociétale*, les différentes applications industrielles des biotechnologies, en distinguant les applications médicales par exemple, difficiles à refuser, des « OGM » à la réputation déjà un peu soufrée.

Biotechnologies de « couleur »...	Principe de base	Principaux produits de sortie attendus	Maturité industrielle
... verte Agroalimentaire	Bricolage génétique de plantes et animaux existants pour modifier leurs propriétés	Plantes génétiquement modifiées (PGM) : – résistance aux ravageurs (gène Bt) – résistance aux herbicides – propriétés ou composition des aliments modifiées Animaux génétiquement modifiés : – saumon à croissance rapide	Déjà forte
... blanche Applications industrielles	Utilisation confinée de microorganismes ou d'enzymes (existants, modifiés ou synthétiques) pour produire des intermédiaires chimiques à partir de produits de cultures, de résidus ou de bois	Produits intermédiaires pour chimie de base (tensioactifs, lipides...) Biocarburants Biomatériaux (polymères...)	En démarrage En fort développement
... jaune Traitement et élimination des pollutions	Utilisation d'organismes vivants (plantes, algues, microorganismes) pour dégrader des déchets toxiques en produits non dangereux	Dépollution des eaux et des sols Biolixiviation (industrie minière)	Faible
... rouge Industrie pharmaceutique	Utilisation de technologies très diverses	Nouveaux traitements, vaccins, diagnostics... Nouvelles molécules thérapeutiques Thérapie génique, thérapie cellulaire	Déjà forte En fort développement
... bleue	*Classement parfois utilisé pour les produits liés à la biodiversité marine (algues, etc.)* *Cf. verte ou blanche*		

Figure 6 - Les biotechnologies « pour les nuls »

Les biotechnologies « vertes », qui concernent l'agroalimentaire, sont les plus connues. Il s'agit principalement des plantes génétiquement modifiées (PGM) (cf. acte III) mais aussi des animaux, comme le tout nouveau saumon transgénique AquAdvantage à croissance rapide, et bientôt, qui sait, des cochons urinant moins de nitrates et des vaches aux flatulences sans méthane, dopées à la bactérie de kangourou, pour [75] sauver le climat. Elles consistent, en gros, à bricoler, un peu en tâtonnant, le code génétique de plantes et animaux existants pour obtenir des caractéristiques commerciales intéressantes : résistance aux ravageurs, aux herbicides... Pour ce faire, on transgresse les frontières entre les différents ordres — insectes, mammifères, bactéries... — comme des plantes Bt, contenant le gène de la bactérie *Bacillus thuringiensis* ou des chèvres produisant, grâce au gène idoine, du lait à la protéine de soie d'araignée.

Les biotechnologies blanches regroupent les applications industrielles et visent à fabriquer, à partir de ressources renouvelables et par des procédés biologiques, une grande diversité de molécules, des « intermédiaires » chimiques, qui sont ensuite transformés en produits chimiques (tensioactifs, lipides, lubrifiants, solvants, acides...) et biomatériaux (« biopolymères » ou « bioplastiques ») utilisables dans de nombreux secteurs : cosmétiques, cuir, papier, agroalimentaire (édulcorants, conservateurs, épaississants : bon appétit !), construction, textile... et production de carburants. Décidément, la roue tourne, puisque nos ingénieurs envisageaient à l'inverse, dans les années 1960-1970, de se nourrir de pétrole, de quoi prendre avec prudence les promesses actuelles de nos scientifiques et industriels.

La technique emploie, *a priori* en milieu confiné (dans des réacteurs chimiques sur sites industriels pour éviter toute dispersion), des bactéries ou des enzymes génétiquement modifiées, obtenues par « mutagenèse dirigée », voire, à terme, par biologie synthétique (construction de toutes pièces avec l'aide de la puissance informatique). Il s'agit donc, *grosso*

modo, d'une basique fermentation, mais avec des organismes dont on a travaillé le matériel génétique pour optimiser le produit de sortie. On parle ainsi d'usine cellulaire, ou de biocatalyse enzymatique.

Les matières premières sont typiquement issues de cultures riches en un produit facilement exploitable comme l'amidon, le sucre (contenus dans le maïs, la pomme de terre, les betteraves...) ou l'huile (issue des cultures oléagineuses). Je vous vois venir et hurler au loup sur la compétition avec les usages alimentaires : mais non, les biotechnologues ont pensé à tout et l'on pourrait utiliser *également* des résidus de culture comme la paille ou du bois. On imagine même de faire « digérer » des plantes entières, dans des sortes de « bioraffineries » qui produiraient de nombreuses molécules différentes en sortie.

Quant aux biotechnologies « jaunes » et « bleues », elles ont un peu forcé sur le marketing, car elles pourraient fort bien être classées respectivement « blanches » et « vertes « : les premières sont dédiées aux utilisations visant à traiter ou éliminer les pollutions diverses, eaux, sols... — d'où l'espoir de fonder une partie de la croissance économique future sur les services environnementaux ; car, vous l'avez appris comme moi, « un peu de croissance pollue, beaucoup de croissance dépollue » (*sic*) ; les secondes aux produits en rapport avec la mer : santé, cosmétique, aquaculture. Ainsi, notre saumon peut être inscrit à la rubrique verte ou bleue selon l'humeur.

Résumons : donc, à quoi sert ou servira la bioéconomie ? Principalement à fournir trois types de « produits ». Premièrement, des plantes et des animaux génétiquement modifiés, avec la promesse de « nourrir le monde », éviter la pénurie alimentaire pour les milliards — supplémentaires — d'habitants du futur (cf. acte III). Deuxièmement, des biomatériaux à partir de bioressources (plantations, résidus de plantes ou bois) qui alimenteront un secteur de « chimie du végétal » en lieu et place du pétrole et du gaz naturel qui viendront à manquer ou à augmenter de prix. Troisièmement, des biocarburants de diverses générations : 1ere (biodiesel/bioéthanol, filière déjà en place), 2e (basée sur la transformation de résidus de plantes ou de plantes entières), 3e (biodiesel ou hydrogène à partir de la culture de microalgues) pour alimenter les réservoirs d'automobiles, d'avions et de bateaux.

Ces technologies sont tout à fait efficaces pour produire quelques tonnes d'aspartame à partir de sucre ou d'amidon. Mais pourront-elles nous apporter une alternative aux ressources fossiles, sans parler des risques associés aux OGM, dispersion ou contamination biologique ?

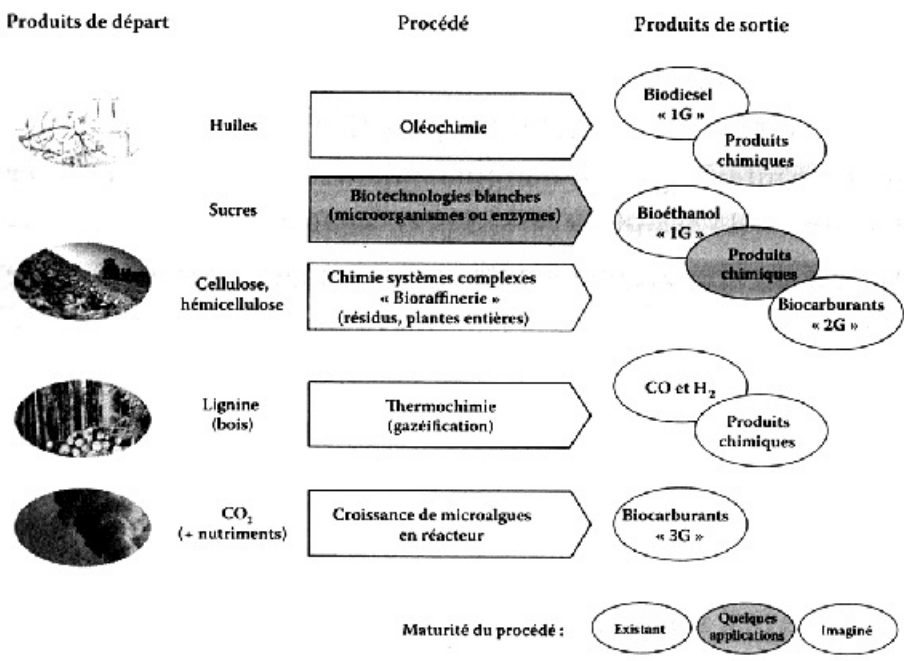


Figure 7 - Les biotechnologies blanches et la « chimie du végétal »

Premier problème, ces technologies ne sont pas vraiment prêtes, selon le type de biomasse utilisée comme intrant (*figure 7*). Tant que le produit d'entrée est à peu près simple, que l'on reste dans le « monoprocédé », les possibilités d'application ne paraissent pas si lointaines. C'est le cas de l'oléochimie — la chimie à partir des huiles -, qui est relativement bien maîtrisée et ne fait d'ailleurs pas tant que cela appel aux biotechnologies. La chimie à partir du sucre et de l'amidon est également envisageable et existe déjà pour des procédés et des produits de sortie simples. Mais les choses se compliquent avec la cellulose et l'hémicellulose, qui composent la structure des plantes, et encore plus avec la lignine, la molécule principale du bois. On n'envisage pour l'instant son exploitation que par voie thermochimique, c'est-à-dire par gazéification, au prix d'une perte énergétique considérable. Apparemment, on n'ambitionne pas encore de domestiquer, comme le termite, la bactérie qui nous permettra de « manger » le bois pour le transformer en produits chimiques utiles.

Sans parler d'un mélange de toutes ces différentes molécules dans le cadre d'une bioraffinerie qui n'utiliserait que des résidus des cultures. Là, le niveau de complexité devient exponentiel, et, sans préjuger des capacités de nos ingénieurs thaumaturges en embuscade, il y a fort à parier que nous commencerons par exploiter les cultures au détriment des usages alimentaires, sans doute d'ailleurs avec des plantes génétiquement modifiées (PGM) augmentant le contenu en molécules utiles de la plante (voir la pomme de terre transgénique Amflora de BASF, à l'amidon quasi exclusivement composé d'amylopectine). [90] Mais rien, peut-être, que l'on ne puisse résoudre avec toujours plus d'innovation.

Dans le second problème, plus aigu, le facteur technologique n'intervient que

marginalement. Il suffit de comparer les ordres de grandeur en jeu pour se persuader de l'impossibilité de « biosourcer » notre consommation astronomique de plastiques, de produits chimiques ou, pire, de carburants. Car nous voilà de retour au XIXe siècle avant l'invention de la chimie de la houille et du gaz ! En « biosourçant » les produits, nous retrouvons notre séculaire contrainte, la limite surfacique, à quelques améliorations de rendement des cultures et des procédés près.

Certes, selon les promoteurs de la chimie du végétal, la production annuelle de biomasse serait de l'ordre de 170 milliards de tonnes par an de matières sèches (75% de sucres, 20 % de lignine, 5 % d'huiles, graisses, protéines et autres), à comparer à des besoins humains fort modestes : de l'ordre de 6 milliards de tonnes, dont une bonne moitié pour l'alimentation. Peut-être bien. Mais, en réalité, l'immense partie de cette production de biomasse n'est évidemment pas exploitable : pour des questions d'accessibilité (des lichens de l'Arctique aux forêts tropicales, en passant par l'immensité des océans), parce qu'elle est nécessaire à alimenter les niveaux trophiques supérieurs (ainsi des 50 milliards de tonnes du phytoplancton, qui alimente le zooplancton, puis les anchois... avant les poissons de troisième ou quatrième niveau trophique qui constituent l'essentiel de nos pêcheries), et parce que l'essentiel doit retourner immédiatement dans le cycle naturel — via la décomposition microbienne — sous peine d'interrompre un fragile équilibre d'écosystèmes limités en nutriments.

Pour s'en convaincre, partons donc uniquement du besoin actuel de la chimie, soit plus de 400 millions de tonnes en « contenu carbone », soit 9% du pétrole, 5% du gaz, 0,1 % du charbon et 3% de la biomasse. Comparons-le à ce que nous pourrions obtenir à partir de l'ensemble des cultures mondiales.

Hors bois et fruits et légumes, la production agricole mondiale se monte à environ 12 milliards de tonnes, dont 5 milliards de grain et autres sucres, et 7 milliards de résidus. Les deux tiers de cette masse ne sont pas du carbone (oxygène, hydrogène et azote principalement). En « contenu carbone », on parle donc de 4 milliards de tonnes. Pour en faire des produits chimiques, il faut d'abord les transformer en matières exploitables par les bactéries ou les enzymes, en sucres fermentescibles (compliqué pour l'hémicellulose), ce qui donnerait un rendement peut-être de l'ordre de 50 %. En partant sur un rendement stœchiométrique (proportions dans les réactions chimiques) de 60 % et un rendement industriel raisonnable de 70 %, cela donnerait un peu plus de 800 millions de tonnes de carbone au total (4 milliards x 50% x 60% x 70%). Mais seulement 250 à 300 millions issus des résidus, car, sauf pour le riz, il y a plus de carbone dans le grain que dans les résidus.

Récapitulons : imaginons que l'on récupère de l'ordre de 100 ou 200 millions de tonnes de carbone sur ces 250 à 300 théoriquement « disponibles ». Pure utopie bien sûr, car à un tel taux de récupération, comment la fertilité de la terre résisterait-elle à la captation des nutriments nécessaires, sans parler de l'aspect purement logistique pour récolter *tous* les résidus agricoles du monde ? Or le besoin actuel est déjà de 400 millions ! On n'arrivera pas à « biosourcer » nos futurs pare-chocs de voiture en polypropylène et nos couches jetables à base d'acide acrylique, tant s'en faut, et ce même en augmentant un peu les rendements ou beaucoup la surface des terres cultivées.

Et encore, on ne parle là que des besoins en matières premières de la chimie. S'il fallait y ajouter les besoins en lubrifiants et surtout en carburants liquides, c'est au bas mot par cinq (plus de 2 milliards de tonnes en contenu carbone) qu'il faudrait multiplier le besoin. Pas la peine de faire le calcul en y ajoutant la lignine du bois comme ressource, vous aurez compris que le problème reste entier même en mettant *toutes* les forêts du monde en coupe réglée. Oublions donc les biocarburants de deuxième génération, à base de résidus agricoles... La « 2G » étant déjà dépassée, comme dans les télécommunications, resteraient les carburants « 3G », d'immenses batteries » de production de microalgues dans les déserts, alimentées par des sources captées de $C0_2$? Mais alors quelle consommation de matériaux, de métaux, pour installer, entretenir et renouveler ces millions de tubes nécessaires à la production à l'échelle de centaines de millions de tonnes ? On retombe dans le problème de déploiement industriel déjà mentionné.

Les nanotechnologies

Et les nanotechnologies ? Là encore on nous promet, pour demain et après-demain, monts et merveilles dans tous les domaines : matériaux « intelligents », santé, services de dépollution et de surveillance environnementale, production d'eau potable, énergies renouvelables, tout en ouvrant des possibilités d'économie de matière et de substitution par des ressources plus abondantes. En somme, le beurre et l'argent du beurre ! Je mettrai de côté ici la question des risques bien réels liés à la fabrication, l'usage et la dispersion de nanoparticules pour n'évaluer que les « promesses ».

Les nanotechnologies regroupent *grosso modo* trois activités : la « nanobiologie », qui rejoint en fait les biotechnologies, d'où la convergence du N (*nanotech*) et B (*biotech*) des fameux NBIC ; la nanoélectronique, digne fille de la microélectronique à l'échelle nanométrique : il s'agit de prolonger la tendance historique à la miniaturisation des équipements électroniques, en profitant des caractéristiques spécifiques de la matière à cette échelle ; et les nanomatériaux, qui nous intéressent plus particulièrement.

Les ingrédients de ces nanomatériaux peuvent être des nanotubes de carbone, des nanoparticules d'argile ou de silice (Si02), des nanoparticules métalliques : surtout du dioxyde de titane (Ti02), de l'oxyde de zinc (ZnO), de l'oxyde d'aluminium (A1203), de l'argent et de l'or, mais aussi du fer, du cérium, du tungstène, du zirconium... Ceux-ci sont ensuite incorporés dans des textiles, des céramiques, des peintures, des enduits, des vernis, des matériaux composites, des verres... ou incorporés comme additifs dans des crèmes et des gels, des ciments, et même des aliments !

Les principales applications concernent aujourd'hui le secteur « santé et sport » : les raquettes de tennis, mais surtout les cosmétiques, des crèmes solaires ou des crèmes de soins revitalisantes, réparatrices, anticernes par exemple, bourrées de nanoparticules de titane ou de zinc pour mieux pénétrer dans la peau — brrrr ! — ou y libérer leurs principes actifs. Le secteur alimentaire n'est pas en reste, avec l'utilisation de nanoparticules à base de silice comme antiagglomérant (E551, etc.) et les premières applications dans des emballages « intelligents » ou de longue conservation, en attendant les arômes artificiels et agents de saveur nano-encapsulés. Si votre sucre, votre sel ou votre cacao en poudre ne colle pas au fond de la boîte après quelque temps, comme autrefois, vous savez à quoi vous en tenir, on vous fait manger à votre insu du sable nanométrique.

Le nano-argent est très utilisé (plusieurs centaines de produits référencés), pour ses propriétés antibactériennes, dans les textiles, les tambours de machines à laver ou les réfrigérateurs, les emballages alimentaires. Le secteur des enduits, des peintures et des vernis a trouvé également ses premières applications : peinture antirayures, revêtements autonettoyants au dioxyde de titane ou hydrofuges, etc. La plupart des autres applications sont encore à un stade de recherche ou balbutiantes, et l'on est encore loin de pouvoir généraliser des [95] peintures photovoltaïques ou des piles à combustible à un coût raisonnable.

Ce rapide survol permet de poser immédiatement les limites techniques des nanotechnologies : si elles sont censées économiser de la matière en favorisant la

miniaturisation (sans aucun doute pour la nanoélectronique) ou la substitution (encore en électronique, des nanotubes de carbone conducteurs peuvent remplacer le cuivre), dans l'immense majorité des cas, les applications sont *dispersives* : il s'agit bien d'incorporer des particules de métaux dans des produits sans espoir aucun de recyclage. Pas forcément si grave lorsque l'on parle de silice, bien plus gênant quand il s'agit de zinc, de titane, ou d'argent. Les volumes en jeu ne sont pas anecdotiques : la production de nano-argent était déjà de 500 tonnes par an en 2008, soit près de 3% de la production mondiale d'argent métal. C'est ce qui s'appelle jeter l'argent par les fenêtres ! Et le nombre d'applications est en train d'exploser...

En nanoélectronique, la consommation métallique est potentiellement moindre pour une même fonctionnalité, mais on s'éloigne — en tout cas on n'améliore pas — des possibilités de recyclage des nombreux composants métalliques. Or on ne sait déjà pas réaliser un recyclage polymétallique correct des puces ou des circuits microélectroniques : lorsqu'ils sont récupérés et traités, on se contente souvent de récupérer quelques éléments rentables comme l'or, ou éventuellement le cuivre.

L'économie 2.0 et la dématérialisation de l'économie

Puisque ni les biotechnologies ni les nanotechnologies ne peuvent répondre aux défis croissants du manque de matières premières, ne restent que les possibilités de recycler (on en a vu les limites) ou de faire « autant » (de produit intérieur brut, d'activités commerciales, de « richesse », de services...) avec moins, c'est-à-dire « dématérialiser l'économie » ou réduire « l'intensité en ressources » de l'économie.

Mirages passés de la dématérialisation

Souvenez-vous, il n'y a pas si longtemps : l'ère de l'informatique allait révolutionner notre rapport au monde matériel. On allait réaliser des économies de papier car on n'aurait plus besoin d'imprimer, des économies de déplacement grâce au télétravail et aux vidéoconférences... Malheureusement, on n'a jamais consommé autant de papier ou presque

(entre 2000 et 2010, la consommation n'a baissé que de 1,3% — on fait mieux pour une révolution de la dématérialisation), et on ne s'est jamais autant déplacé pour des raisons professionnelles.

Nous avons été leurrés, probablement par un pervers effet rebond... On imprime moins en pourcentage des documents que nous voyons passer sur nos ordinateurs, mais on reçoit plus de choses et l'impression est plus facile d'accès (coût en baisse, machines moins capricieuses), donc on imprime plus au total. « Attendez chef, je vous imprime le *draft* » ! — comprendre le brouillon en novlangue mondialisée. Voilà comment y passent 900 000 tonnes par an en France, rien que pour le papier de bureau. Un de mes anciens patrons, devant mes plaintes répétées — je travaillais alors dans un secteur presque payé au kilogramme de papier incorporé dans d'épais rapports de mission -, me rétorquait que la forêt progressait en France. C'était faire bien doctement fi du marché de la pâte à papier mondialisé, des eucalyptus qui remplacent la forêt primaire en Amazonie, de la consommation énergétique et des rejets des usines (sûr que lui n'habitait pas à côté), des produits chimiques nombreux, pour certains non renouvelables, incorporés dans le papier...

Le secteur de l'informatique et des télécommunications n'a bien sûr rien de virtuel, comme le réseau Internet lui-même : serveurs, antennes-relais, terminaux, accessoires, ou câbles transocéaniques de faisceaux de fibres optiques que nous continuons à installer régulièrement pour accompagner la montée du trafic, consomment énergie et matières premières (cf acte III). Et quand on compare l'impact environnemental du « bon vieux papier » à celui du numérique, qu'il soit liseuse, tablette ou autre, il est à peu près certain que nous n'y avons pas gagné au change.

Vers l'économie de la fonctionnalité ?

L'économie de la fonctionnalité est une bonne idée sur le principe : en proposant de mettre à disposition par la location plutôt que l'achat des objets, on incite l'entreprise, qui reste propriétaire, à bien entretenir le matériel pour le faire durer et à ne pas tomber dans le travers de l'obsolescence programmée. Le cas des photocopieurs d'entreprise est souvent cité comme un exemple de cette « bonne pratique ». En y regardant de près, pas sûr que l'on ait ralenti tant que cela les changements d'appareils, entre l'arrivée de la couleur, du fax ou du scanner intégré, ou l'augmentation de la vitesse.

Il y a cependant des limites au modèle. D'accord pour un objet important comme la voiture, à condition cependant de pouvoir lutter, en parallèle, contre le phénomène de mode et la tyrannie du marketing, ou du « standing » : dans le cas des véhicules d'entreprise, par exemple, laquelle pourrait se permettre d'offrir des voitures de vingt-cinq ans d'âge à ses plus chers employés ?

Même chose en informatique, ou dans les télécommunications. Il y serait assez simple de louer les terminaux, mais l'obsolescence des produits est aujourd'hui plus symbolique que technique. D'accord pour le gros électroménager, que l'on utilise tous les jours ou presque, mais plus difficile à envisager pour de petits objets : imaginez-vous de payer chaque mois pour un service de vélo d'enfant, de sèche-cheveux ou de radio-réveil ? Et un tel système ne viendrait-il pas fragiliser les foyers les plus modestes — un paiement chaque mois, et dès que l'on n'est plus solvable, l'entreprise vient saisir le réfrigérateur ?

Et puis, tout ça pour réussir à faire que les réfrigérateurs tiennent vingt ans comme c'était le cas autrefois ? N'y a-t-il pas une voie beaucoup plus simple, réglementaire, comme par exemple l'obligation de garantie et de reprise de la part des fabricants ?

Les imprimantes 3D

Certains voient dans les « *fab labs* » et leurs fameuses imprimantes 3D un moyen de relocaliser, d'autonomiser la production, de réparer des objets en fabriquant des pièces détachées, bref, l'émergence d'une véritable économie matérielle 2.0 et la fin du fordisme et des usines classiques. Il s'agit d'une grave méprise et, sans conteste, d'un nouveau mirage.

De quoi s'agit-il ? Les « *fab labs* » (de *FABrication LABoratory*) sont des lieux regroupant des machines-outils numériques, donc relativement faciles d'accès et d'utilisation, comme diverses fraiseuses, découpeuses, scies ou même des machines à coudre. Parmi les machines, il peut y avoir, mais pas forcément, des imprimantes 3D. Le concept n'est donc pas inintéressant : il peut permettre effectivement la conception et la production de produits à petite échelle, en partageant entre différents acteurs et microentreprises de coûteux équipements dans un même lieu.

Il en est autrement des prétendument révolutionnaires imprimantes 3D ! Ces machines sont en général basées sur une technologie de type ALM (Additive Layer Manufacturing) : les

objets sont fabriqués par dépôt, couche par couche, d'un [100]matériau de base. Pour cela, une poudre, souvent un polymère thermoplastique, polyamide ou polypropylène, mais parfois du métal comme l'aluminium, l'acier inox ou le titane, est portée à température de fusion et déposée par l'imprimante sur la couche précédente. Il s'agit donc d'une technologie additive, le contraire de l'usinage qui est par essence soustractif : perçage, filetage, découpage...

À en croire les médias, on tient là « la machine à vapeur du XXIe siècle » et l'on pourra bientôt tout leur faire construire : carrosseries et pièces de voiture, batteries, mais aussi chaussures sur mesure, guitares, pizzas, maisons... voire stations spatiales ! Pourtant, à bien y regarder, il s'agit d'objets « monomatériaux », d'abord et avant tout en résine thermoplastique ou thermodurcissable. C'est le cas des carrosseries de voiture, des chaussures ou des « maisons » qui sont, avec une définition très américaine, composées des panneaux, ici en fibres de nylon. On ne fabriquera pas un piano ou un téléphone avec une imprimante 3D. Pour produire des objets métalliques, il faut des « imprimantes » très spéciales, qui portent le métal à fusion par laser ou faisceau d'électrons, une technologie inimaginable pour les particuliers. Les imprimantes 3D « grand public » ne fonctionnent donc qu'à la résine. On n'y fabriquera ni un clou, ni une vis.

Ceux qui clament la disparition de la production classique se méprennent donc gravement. D'abord, ils confondent les industries de procédés avec les manufactures. Les *fab labs* avec imprimantes 3D pourraient, dans le meilleur des cas, remplacer les manufactures, mais sûrement pas les hauts-fourneaux, les cimenteries, les verreries, ou les raffineries et les usines chimiques qui... fabriquent la résine qui leur sert d'encre 3D !

Ensuite, ils oublient un peu vite que la plupart de nos produits ne sont pas d'une seule pièce ni d'un seul matériau, mais au contraire sont composites et demandent à être montés, à la main souvent ; d'où la *manu*facture... Les gigantesques usines *high tech* dans l'électronique sont donc encore là pour un moment et, heureusement, les ouvriers des *sweat shops* du monde entier n'entendent pas nos prospectivistes dégoiser sur la fin du fordisme. Les imprimantes 3D seront incapables de s'imprimer elles-mêmes.

Enfin, seules les matières premières qui supportent la fusion peuvent être traitées : les étoffes continueront à être tissées et cousues. Le métal ne convient que s'il n'a pas à subir de traitement thermique ou de trempe (on ne fabriquera pas une poutre ou un roulement à billes à haute performance), le verre s'il n'est pas trempé ou filmé, etc.

Il existera *in fine* deux sortes d'applications. Celles, coûteuses, réservées à des industries de pointe, comme les pièces aéronautiques. Celles pour fabriquer quelques petits objets en

plastique destinés au grand public. Oui, vous pourrez fabriquer à domicile une coque de téléphone portable furieusement personnalisée, ou un nouveau collier pour votre chien, mais sans l'antipuces, car l'imprimante 3D ne fait pas usine chimique en même temps. Sans aucun doute de quoi lever quelques fonds pour des *start-up*, de quoi amuser quelques *geeks*, avant que ces objets ne rejoignent dans nos placards et nos décharges les yaourtières et autres machines à pain !

L'industrie 2.0, secteur secondaire ou tertiaire ?

En occultant la réalité matérielle, nos prospectivistes préférés se trompent également quand ils parlent d'un monde où nous serons tous producteurs, d'objets avec des imprimantes 3D ou d'énergie via la généralisation des panneaux solaires photovoltaïques.

En produisant de l'énergie à partir de panneaux solaires, en imprimant des objets, je ne suis producteur de rien du tout. Je rends un *service* : immobilier en ayant dédié quelques mètres carrés de mon toit, financier en ayant investi dans les panneaux solaires. Une activité incomparable avec, par exemple, celle d'un menuisier traditionnel, qui peut choisir un arbre selon des critères bien précis, et fabriquer un meuble. Ou un plombier qui réalise une soudure. Je n'exploite aucun savoir-faire. Je ne suis qu'un débouché *tertiaire* du vrai producteur, le fabricant des panneaux solaires, qui reste ancré dans le bon vieux secteur secondaire fordiste et souvent *made in China*.

La triple impasse de la société « extractiviste », productiviste et consumériste

Croissance verte et nouvelles technologies permettent donc au mieux de freiner l'effondrement, au pire l'accélèrent sans le savoir par effet systémique. Notre société technicienne s'est fourvoyée dans une triple impasse, dont la sortie sera difficile car il y a peu de place pour manœuvrer.

Une impasse sur les ressources, non renouvelables ou exploitées à un rythme insoutenable, énergies fossiles, métaux ou minéraux comme le phosphore, forêts, pêcheries... Mais aussi effondrement de la biodiversité et sols agricoles qui se dégradent ou disparaissent : par salinisation (suite à une irrigation excessive, le même syndrome qui a fait s'effondrer la civilisation sumérienne entre Tigre et Euphrate — déjà 5 % des terres arables mondiales touchées), par destruction biologique (utilisation intensive des engrais et pesticides), par érosion (20 % des sols significativement dégradés).

L'érosion éolienne ou hydrique attribuable à l'action anthropique lessive 25 milliards de tonnes par an dans le monde, soit 0,3 % de la masse totale de terre arable : ce qui veut dire que l'on se retrouvera sans terre cultivable, en moyenne, dans trois cents ans. Bien sûr, ce n'est qu'une moyenne, certains sols se conservent bien tandis que d'autres disparaissent en moins de dix ans. En France, l'érosion moyenne est de 10 tonnes par hectare et par an (jusqu'à 40 tonnes selon les sources, et dans certains endroits, comme les plaines à betterave du Nord, on monte facilement à 100 tonnes). Produire 1 tonne de nourriture nous « coûte » ainsi 1 tonne de terre (figure 8). Et la moyenne mondiale est plutôt à 1 tonne de nourriture pour 4 tonnes de terre qui disparaissent !

Production agricole française

En millions de tonnes par an
(chiffres arrondis – variables selon les années)

Blé	40
Maïs	15
Orge	10
Autres céréales	3
Colza	5
Tournesol	2
Autres oléagineuses	< 1
Pommes de terre	5
Betteraves	35
Fruits et légumes	8
Lait	25
Viande	5
Vin	5
Autres productions	< 3

Environ 160 millions de tonnes par an

Érosion des sols agricoles

Zones d'aléa fort ou très fort

Environ 150 millions de tonnes par an
10 tonnes par hectare et par an (moyenne)

Figure 8 - Une tonne de terre pour une tonne de nourriture
(Sources : IFEN, ministères, ADEME [déchets, chiffres clés 2012].)

La deuxième impasse est liée aux pollutions : les excès de gaz à effet de serre, mais aussi les métaux que nous extrayons de la lithosphère, les plastiques et les polluants organiques persistants que nous synthétisons, les dioxines produites par [105] l'incinération... qui viennent saturer les sols, les eaux douces, les océans et *in fine* les êtres vivants. Certaines de ces pollutions sont promises à un bel avenir médiatique, comme les plaques de déchets plastiques du Pacifique nord et de l'Atlantique nord, dont les dimensions imposent le respect. D'autres

progressent plus tranquillement, comme la pollution des sols par les métaux issus des pots d'échappement des automobiles, des routes asphaltées, des mâchefers (cendres d'incinérateurs) utilisés en sous-couche routière, des boues d'épuration épandues dans les champs...

La troisième impasse est celle de la consommation d'espace que nous saturons de bitume et de béton. La mondialisation le consomme par les besoins de distribution, de logistique et de transport accrus et en constante évolution. L'obsolescence programmée touche les objets mais aussi les lieux. Comme dans la grande distribution, car on crée régulièrement de nouvelles routes, qui modifient les temps de trajet et provoquent donc des décalages dans les zones de chalandise. Ou bien c'est l'ouverture, un peu plus loin, d'un nouveau centre commercial doté d'un cinéma multiplexe, qui attire les foules et vide les autres hypermarchés. Les plus chanceux se transforment alors en *espaces jardinerie*, d'autres retournent en friche, mais le bitume reste... C'est ainsi que les surfaces artificialisées augmentent au rythme proprement incroyable de 60 000 à 75 000 hectares par an depuis plus de vingt ans (et plutôt en augmentation ces dernières années), soit la surface d'un département, 1 % du territoire, en sept à dix ans ! Les deux tiers sont bâtis ou asphaltés (routes, parkings), le reste transformé en ronds-points, en bordures d'autoroutes ou en golfs, au détriment des cultures, souvent les meilleures terres, des prairies, des landes et des haies.

À cette triple impasse, bien physique, s'ajoutent l'impasse sociale, avec le creusement des inégalités — mais l'histoire a montré que l'on pouvait aller assez loin dans le domaine sans que le système s'effondre -, et l'impasse morale : mais un monde qui abat les forêts anciennes pour en faire des mouchoirs en papier ou du contreplaqué de chantier, ou, plus proche de nous, un monde qui chauffe les terrasses des cafés sans s'émouvoir de ce gaspillage insensé, nous montre que là aussi les limites peuvent être poussées assez loin.

Dans un jargon technique inaccessible, on nous expose les raisons de la crise financière : problèmes de crédit, d'endettement, de confiance, de taux de change, de monnaie, de *rating*, etc. Mais toute personne sensée qui a mis récemment les pieds en Espagne, par exemple, ne peut que se rendre compte du château de cartes sur lequel s'est fondée une croissance alimentée par le crédit : autoroutes surdimensionnées, *dizaines* d'aéroports, ouvrages d'art titanesques, immeubles vides dont l'unique objet était l'achat/revente... Comment tout cela aurait-il pu durer ? Et surtout comment tout cela pourrait-il *redémarrer* ?

Les exhortations au retour de la croissance sont pitoyables. Il ne suffira pas de retrouver la « confiance des marchés » ou des ménages, de développer l'innovation, forcément verte, ou de

faire tourner la planche à billets pour relancer la consommation (rayer les mentions inutiles en fonction des partis politiques). Car on ne peut pas bétonner *ad vitam aeternam*, et le dynamisme envié de pays comme Dubaï ou Singapour n'est évidemment et heureusement pas reproductible.

Pour prendre une métaphore informatique, il est temps de changer de logiciel ; que dis-je, c'est la carte mère et l'ensemble des circuits qu'il nous faut démonter.

Acte II : Principes des basses technologies

[111]Résumons le premier acte : nous avons un souci de disponibilité des ressources devant nous, à plus ou moins brève échéance. La recette actuelle — une fuite en avant, la plus rapide possible à base d'innovations *high tech* — ne résoudra pas les problèmes dans lesquels nous sommes enferrés. Au mieux, il s'agit de bonnes idées, mais que nous ne mettrons pas en œuvre à la vitesse et aux ordres de grandeur nécessaires, tant s'en faut. Au pire, il s'agit de nouvelles technologies et de tendances néfastes, qui ne font et ne feront qu'accélérer le système qui nous a conduits à l'impasse. Entre les deux, quelques tartes à la crème technologiques, sans intérêt, font la joie des médias, des conseillers en développement durable et des économistes et sociologues prospectivistes faussement ou réellement naïfs.

Alors, est-ce là notre destin ? La guerre de tous contre tous, version *Mad Max*, est-elle inéluctable ? Le retour à l'âge de pierre, à la bougie, au temps des *Visiteurs* (rayer les mentions inutiles) ? Avant de céder à la tentation fataliste de type de-toute-manière-c'est-la-faute-aux-Chinois-qui-sont-trop-nombreux ou survivaliste de type de-toute-manière-ça-va-péter-j'enterre-une-caisse-de-fusils-d'assaut-dans-mon-jardin, voyons quelles autres options se présentent à nous.

Même si la question démographique ne peut être éludée, il est évident qu'elle ne permet pas de résoudre nos problèmes à brève échéance. On pourrait peut-être vivre confortablement et sans danger pour les écosystèmes à quelques dizaines de millions sur terre en possédant chacun un gros 4 x 4 ou un hélicoptère : je n'en suis cependant pas certain, car pour permettre ce type de consommation techniquement avancée, il faut probablement une structure de production bien spécifique, « pyramidale », un déséquilibre dynamique permanent, avec beaucoup de petites mains qui rêvent de s'acheter un 4x4, inaccessible pour eux.

Notre système économique et industriel, tel James Dean au volant de sa voiture dans *La Fureur de vivre*, nous propose d'appuyer à fond sur la pédale d'accélérateur, en espérant que l'on inventera les ailes avant d'atteindre le bord de la falaise. Mais on a vu que ces ailes (les innovations techniques) n'auront pas la voilure ou la portance nécessaire pour éviter le crash. Qu'on le veuille ou non, ne reste donc que l'option, très rationnelle, d'appuyer sur la pédale de

frein : réduire, au plus vite et drastiquement, la consommation de ressources par personne. Il ne s'agit donc pas de savoir si l'on va retourner au temps des *Visiteurs*, mais bien de savoir comment on peut retourner à une consommation par personne raisonnable (pas celle des *Visiteurs*, car on a fait quelques vrais progrès techniques depuis !) tout en conservant les soins dentaires pour tous ! L'enjeu n'est pas entre croissance et décroissance, mais entre décroissance subie — car la question des ressources nous rattrapera à un moment ou à un autre — ou décroissance choisie.

Puisque le système *high tech* va dans le mur (ou vers la falaise, ne chipotez pas), pourquoi ne pas tenter autre chose, prendre le contre-pied et se tourner vers les *low tech*, les basses technologies ? Concrètement, qu'est-ce que cela peut bien vouloir dire ? Inutile d'essayer de dresser une liste exhaustive des « bonnes » technologies contre les « mauvaises ». Les Amish s'y essaient depuis longtemps, avec des réponses variables selon les groupes, et des débats qui donnent mal au crâne et occupent de longues soirées d'hiver, à la bougie. Comme pour le *high tech*, la définition restera floue et les frontières de toute manière perméables. Tout ou presque aujourd'hui se réclame du *high tech* : perceuses, crèmes de beauté, matelas, peintures, vêtements ou chaussures...

Quand nous évoquons les basses technologies, c'est donc plutôt, à ce stade, d'orientations, de principes généraux, que nous devons parler, fondés sur le renoncement réfléchi à l'espoir d'une « sortie par le haut » basée sur des percées technologiques à venir. Des principes visant à effectivement diminuer notre prélèvement de ressources.

Remettre en cause les besoins

Le premier principe n'a rien de technologique. Toute activité humaine, autre que la chasse et la cueillette (et encore, à condition de ne pas être trop nombreux sur un territoire donné), a un impact environnemental. Il n'y a pas de voiture « propre », d'énergie renouvelable (totalement) « verte », de produit « sans carbone » ou de transport « zéro émission ». Recycler est très important, mais ne suffit pas et ne peut pas nous « dédouaner » de notre consommation matérielle. De l'énergie sera utilisée pour recycler, de la matière sera perdue. Il faut l'accepter et résister au *greenwashing* matraqué à longueur de temps, destiné à nous vendre toujours plus de produits tout en nous déculpabilisant, voire en tentant de nous convaincre que nous réalisons

un geste bénéfique pour la planète.

Corollaire simple : il n'y a donc pas de produit ou de service plus écologique, économe en ressources, recyclable, que celui que l'on n'utilise pas. La première question ne doit pas être « comment remplir tel ou tel besoin (ou telle envie...) de manière plus écologique ? » mais « pourrait-on vivre aussi bien, sous certaines conditions, sans ce besoin ? ». Ensuite, certes, si le besoin ne peut pas être supprimé sans régression intolérable, on doit chercher à y répondre avec le moins de ressources possible. Il s'agit donc bien d'aller chercher d'abord à la source, à la racine, les économies. En quelque sorte acquérir le réflexe d'une « écologie de la demande » (décroissante), [115] plutôt qu'une « écologie de l'offre » (croissance verte). L'écologiste de l'offre réclamera à cor et à cri le remplacement des centrales électriques classiques par des énergies renouvelables. L'écologiste de la demande proposera de débrancher les télévisions. L'écologiste de l'offre réclamera des gobelets à café en plastique recyclable, l'écologiste de la demande aura sa tasse dans le tiroir de son bureau.

Dans le dessin animé *Madagascar*, un lion new-yorkais et ses camarades de zoo, citadins jusqu'au bout des griffes, sont accueillis dans la forêt malgache par un roi des lémuriens fort enjoué, qui leur propose de revenir à la vie sauvage. « Tu veux dire sauvage, genre dormir dans une hutte construite avec de la boue séchée et s'essuyer avec des feuilles ? » s'exclame le lion inquiet. Et le lémurien lui répond avec un sourire triomphant : « Pourquoi s'essuyer ? » !

Vous l'aurez compris, je ne propose pas d'en arriver à des extrémités semblables. Mais pourquoi se lancer dans un gigantesque programme éolien (qui implique d'abord de bétonner des bases logistiques, d'ouvrir des routes d'accès pour la maintenance, d'extraire et de raffiner des matières premières...) afin d'illuminer nos rues commerçantes avec des éclairages de Noël les soirs venteux de décembre ? Pourquoi couvrir des hectares de panneaux solaires pour alimenter des panneaux publicitaires énergivores dans les rues ou les gares et des écrans plats dans les bureaux de poste ? Pourquoi se lancer dans des programmes compliqués de stockage par méthanisation, par batteries (polluantes), par stations de pompage entre deux barrages, afin de gérer l'intermittence des sources d'énergie et maintenir ainsi les vitrines et les enseignes éclairées la nuit ?

J'entends déjà mes écologistes de l'offre (et ceux qui ne font même pas semblant d'être écologistes) crier haro sur le baudet : c'est ridicule, ce n'est pas en éteignant les vitrines des boutiques la nuit que nous allons économiser en électricité de quoi débrancher nos centrales nucléaires ! Nous ne sommes pas dans les bonnes proportions... Naturellement, il ne s'agit là

que de quelques exemples dont le choix se veut plutôt consensuel. À part quelques associations de commerçants du centre-ville, qui pourrait être contre la suppression des éclairages de Noël, ou des écrans plats dans les bureaux de poste ? On ne vivait pas si mal sans écrans plats dans les bureaux de poste, surtout qu'ils ont été installés pour réduire la *sensation* d'attente : on fait toujours la queue, mais on s'en rend moins compte qu'avant ! En réalité, il y a bien d'autres « renoncements » possibles, à condition d'être prêts à remettre en cause quelques idées reçues, et le gâchis actuel étant tout bonnement phénoménal, nous pouvons fort bien baisser drastiquement notre consommation sans entamer si grandement notre « confort » (cf. acte III).

À la source, tous les maux

Au-delà de son indéniable efficacité, la suppression pure et simple du besoin a un autre immense avantage : sa simplicité. Avec un peu de courage politique, inutile d'organiser de grands plans de déploiement industriel, ou de faire produire d'épais rapports, pour supprimer purement et simplement les prospectus publicitaires ! Ce principe de simplicité pourrait d'ailleurs être utilement généralisé en travaillant à la source des problèmes, plutôt qu'en tentant d'en gérer les conséquences à coups de normes et de contrôles, de mesures palliatives, de réglementations complexes.

Prenons l'exemple du recyclage du verre. On a vu le phénomène de « dégradation de l'usage » dans le cas du recyclage des métaux, avec le mélange des petits métaux non ferreux provenant de ferrailles de différentes natures (cf. acte I). Ce phénomène existe également pour les plastiques et pour les verres. Ainsi, on ne peut évidemment pas refaire du verre blanc à partir du calcin (verre brisé) issu du mélange de verres blancs et de verres colorés, les produits teintant le verre (des métaux d'ailleurs, comme le fer) étant présents dans le mélange. Il n'est pas imaginable de retrier les morceaux de calcin après coup « à la main », bien sûr, mais des technologies coûteuses, à base de capteurs optiques, émergent pour les trier automatiquement en les faisant circuler sur une bande de roulement. Bref, vaut-il mieux jeter toutes les bouteilles ensemble, puis devoir s'appuyer sur des installations ultratechnologiques coûteuses en aval, ou trier en amont, « à la source », dans des conteneurs différents, les verres blancs d'un côté et les verres colorés de l'autre, comme cela existe en Allemagne ? Ou encore mieux, n'utiliser que du verre blanc pour l'ensemble des usages ?

On peut se lamenter du taux de collecte toujours faible des piles et accumulateurs grand public (environ 32 % en 2010, soit moins de 11000 tonnes collectées pour plus de 33000 mises sur le marché). Mais si l'on voulait énergiquement lutter contre le risque de voir toutes ces piles jetables polluantes rejoindre les incinérateurs, les décharges ou la nature, ne serait-il pas plus simple de les interdire au profit de batteries rechargeables (pour les formats où elles existent, ce qui exclut certes les piles bouton au lithium) ? Ou ne vendre de nouvelles piles à un client qu'en échange du retour d'anciennes, avec une sorte de consigne ?

De même, pour éviter un certain nombre de polluants et produits toxiques, il suffirait de décider de ne plus les synthétiser. Le nombre de fabricants d'une molécule donnée est limité, les acteurs économiques bien connus et identifiés, une interdiction serait facile à faire respecter. Le système en aval devra bien se débrouiller pour s'adapter. Évidemment, cela ne permettrait pas d'éviter tous les polluants, puisque certains apparaissent en cours de procédé dans les rejets d'usine, les poussières d'incinérateurs, etc.

Dans le cas du changement climatique, l'équation est tout à fait simple : chaque tonne de carbone extraite du sous-sol se retrouvera au bout de quelque temps dans l'atmosphère. Si l'on veut limiter les rejets, la seule solution est bien de limiter l'extraction (ou, au niveau d'un pays, les importations), ce qui peut se faire par quota ou par taxe, à l'entrée du système, beaucoup plus facilement qu'à la sortie, par des mesures incitatives, restrictives, compensatoires, des mécanismes d'échanges divers, variés et compliqués.

Premières suggestions liberticides

Puisque me voilà désormais catégorisé du côté des écologistes rabat-joie, peine-à-jouir et affreusement liberticides, pour ne pas dire opposés à la liberté d'entreprendre et donc de bourrer ma boîte aux lettres de prospectus ventant la promotion du week-end sur les saucisses barbecue, voici quelques exemples de ce que nous pourrions mettre en œuvre, relativement rapidement, en réduisant assez peu notre niveau-de-vie-non-négociable. Sans présumer à ce stade, évidemment, de leur acceptabilité sociale, et de la manière de réaliser de tels choix de manière démocratique !

D'abord, certains renoncements pourraient passer quasiment inaperçus, comme

l'interdiction des imprimés publicitaires (un million de tonnes non sollicitées dans les boîtes aux lettres chaque année : ouf !), des chaussures de sport qui clignotent lorsque l'on marche, ou des sacs plastique (de nombreux pays l'ont déjà fait). Bien sûr, l'économie (ressources consommées et pollutions engendrées) est limitée. Des gains modestes, mais si faciles et rapides à réaliser, des *quick wins* en novlangue d'entreprise, pourquoi s'en priver ?

À bien y regarder, on devrait même pouvoir trouver des actions très intéressantes, et presque indolores pour les consommateurs que nous sommes. Prenons les pneus de [120]voiture (rassurez-vous, amis les plus farouches, je m'attaquerai à la voiture elle-même un peu plus tard — chaque chose en son temps). La plupart des pneus de véhicules légers sont remplacés régulièrement par des neufs (après 30000 ou 40000 km), tandis qu'une technique existe pour réutiliser la carcasse des pneus et ne changer que la bande de roulement : le rechapage. Il est systématique pour les pneus de poids lourds, qui font jusqu'à un million de kilomètres après plusieurs rechapages. Bien que parfaitement sûre, cette technique est très peu utilisée pour les particuliers, pour le plus grand bonheur des fabricants. On en jette pour 250000 tonnes par an, brûlés ou mis en décharge. Si l'on généralisait le rechapage, quitte à adapter un peu la conception, probablement, jusqu'à vendre des véhicules neufs avec des pneus rechapés, on pourrait gagner au moins 160000 tonnes de pneus usés par an en divisant par trois la consommation, avec une hypothèse fort prudente de deux rechapages sur la durée de vie du pneu. Sans aucune différence pour les automobilistes.

Montons d'un cran avec des choses un peu plus polémiques. Franchement, l'eau en bouteille ? On fait traverser la France *à de l'eau*, parfois l'Europe et même les océans, grâce à Fukushima qui fit boire quelque temps aux Japonais notre eau minérale française ? Et, en plus, on doit subir le matraquage communicationnel sur le fait que les bouteilles prennent de plus en plus le train, sont de plus en plus légères, sont de plus en plus recyclées en formidables pulls ou chaises de jardin, bref, sont de plus en plus *vertueuses* ? Mais à ce rythme, en 2100, tout le monde aura crevé sous une profusion de chaises de jardin ! Et que dire de l'utilité sociétale des dépenses publicitaires dans leur ensemble ? Encore plus que les prospectus, la consommation de ressources par la publicité est bien réelle : papier et encres dans tous les journaux et magazines, affichages à renouveler régulièrement, et maintenant écrans plats, sans parler de tous ces salons « événementiels » et des milliards de *goodies*, ces petits objets publicitaires...

Autres sujets potentiels de « milieu de gamme » : nous pourrions accepter de nous limiter, pour les journaux, les périodiques et les brochures, les vêtements, les chaussures, l'ameublement, les emballages, les jouets, etc., à des couleurs naturelles, pour éviter les colorants à base de

métaux rares ou de produits chimiques de synthèse : nuances de gris, d'ocres, beiges, marrons, écrus... Les journaux seraient à nouveau imprimés en noir et blanc, nous réserverions les couleurs vives, les bleus, rouges, oranges, verts, à des usages particuliers et durables uniquement (vêtements de fête, livres reliés, décorations domestiques, peintures artistiques...). Nous pourrions renoncer au machinisme à outrance à l'échelle individuelle. Il ne s'agit pas d'abandonner la machine à laver, mais celle-ci pourrait être, comme certains outils (la perceuse), mutualisée dans l'habitat collectif, tandis que le presse-oranges électrique et la yaourtière maison disparaîtraient. D'une manière générale, il s'agirait de mieux arbitrer entre utilisation de main-d'œuvre et de machines, voire d'animaux (des moutons ou des lapins pour les pelouses plutôt que des tondeuses ; un tel service existe déjà pour les entreprises et les municipalités). Je suis toujours interpellé lorsque je croise un employé municipal avec une bruyante « souffleuse » au lieu d'un balai pour ramasser les feuilles mortes dans les rues...

Montons encore d'un cran : là, ça peut devenir vraiment, mais alors vraiment pénible. Par contre, quelles économies gigantesques, en contrepartie ! On pourrait brider tous les moteurs de voiture, à 120 km/h voire 90 km/h. La consommation baisse automatiquement, mais aussi le poids (car moins de vitesse, c'est moins d'énergie de choc à encaisser en cas d'accident, donc moins d'acier nécessaire), et donc baisse supplémentaire de consommation. Facilement 20 ou 30% de carburant à gagner, presque d'un claquement de doigts. À comparer aux pénibles évolutions des normes actuelles, année après année. Pour les plus fougueux, pas sûr que l'on perde tant en sensation de vitesse, si le gabarit de la voiture baisse proportionnellement (pensez aux courses de kart !).

Nous pourrions gérer différemment le froid hivernal, avant toute chose en réduisant la température de chauffe des bâtiments et, à l'inverse, ne pas climatiser en été. Pour rester politiquement correct, on parle toujours de gagner en dépense de chauffage par une meilleure isolation. Mais nous avons vu le problème de l'effet parc et de la conception ancienne de nombreux bâtiments. Il serait tellement plus simple et plus rapide de baisser la température, en se limitant par exemple à 16 ou 18 °C en fonction des lieux et des horaires. Il est nettement plus simple et moins coûteux d'isoler et de couvrir les corps, que d'isoler et chauffer la pièce entière ! Pour se protéger du froid, il existe aujourd'hui des vêtements et des matières particulièrement efficaces, en comparaison des « nippes » de nos arrière-grands-parents. Bien sûr, cela impliquerait quelques renoncements. Si vous baissez un peu la température dans les bureaux, les employé(e)s devront renoncer au décolleté quand il gèle dehors. Certains espaces communs et de convivialité (lieux de rencontres associatifs, bars et tavernes, cinémas, bibliothèques,

musées...) pourraient rester un peu mieux chauffés que les espaces privatifs : de temps à autre, on s'entasserait dans des lieux communs au lieu de pratiquer le chacun chez soi. Pour le *cocooning*, les couettes bien isolantes resteraient — merci aux Suédois — disponibles. La mise en œuvre serait sans doute assez simple, par voie réglementaire dans les bâtiments publics et commerciaux, par un tarif très fortement progressif dans les logements privés.

Sûr qu'à un tel régime nous fêterions dignement le retour du printemps ! Pas toujours agréable, certes, mais quelle colossale économie d'énergie ! En France, 25 % de l'énergie finale (40 sur 160 Mtep, millions de tonnes équivalent pétrole — total hors usage non énergétique) est dépensée pour le chauffage (résidentiel et tertiaire), et comme la perte d'énergie augmente de manière exponentielle avec la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur, baisser de quelques degrés le chauffage diminue rapidement la dépense énergétique (jusqu'à 7 à 10 % pour un seul degré).

Laissons parler Ishmaël, le narrateur de *Moby Dick*[23] : « À ce sujet j'osé avancer que, pour bien jouir de la chaleur, il faut avoir quelque petite partie du corps exposé au froid ; car il n'est qualité au monde qui ne vaille que par le contraste. En soi, rien n'existe. Si vous vous vantez d'être partout et depuis longtemps confortable, vous pouvez être assuré que vous n'êtes plus confortable du tout ; mais si [...] vous avez le sommet du crâne légèrement froid, alors, en votre âme et conscience, vous pouvez vous flatter d'être incontestablement au chaud. Pour cette raison, une chambre à coucher ne devrait jamais avoir de feu. [...] Alors vous êtes comme une étincelle unique au cœur d'un froid arctique ». Vous laisserez-vous tenter ?

Bref, il n'y a pas de limite aux idées pour réduire notre consommation matérielle, des plus simples ou consensuelles aux plus iconoclastes. Sans en arriver aux extrémités de notre royal lémurien, nous pourrions imprimer certains journaux et périodiques sur un papier suffisamment « doux » pour servir ensuite de papier hygiénique. Les chiffres colleraient plutôt bien : on consomme en France 1,2 million de tonnes de papier de presse et 800000 de papier hygiénique... Pourquoi ne pas faire d'une pierre deux coups ? Un retour aux sources en quelque sorte, puisque le découpage de journaux en feuilles de taille adéquate était un sport national entre les deux guerres... Ou bien les ventes pourraient être limitées aux abonnements des lieux de lecture collectifs et redynamisés, cafés ou bibliothèques, avec un prix plus élevé par exemplaire pour assurer l'équilibre économique des journaux ?

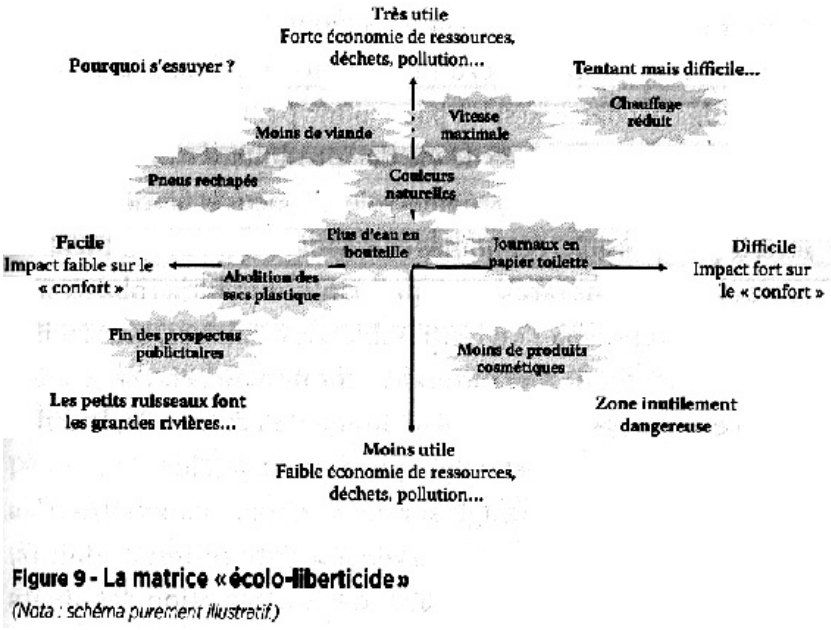


Figure 9 - La matrice « écolo-liberticide »

(Nota : schéma purement illustratif.)

Concevoir et produire réellement durable

[125] Passons maintenant aux aspects bien technologiques. Comment produire durable ? Si l'on veut éviter aux générations futures un environnement invivable ou un retour à l'âge du fer — soyons optimistes, l'âge du fer et non pas l'âge de pierre, puisque la croûte terrestre est composée à 5 % de fer, et 8 % d'aluminium ! -, il faut abaisser drastiquement la pollution et la consommation « nette » de matières premières non renouvelables, la quantité que nous extrayons chaque année du sous-sol. Puisque le recyclage a ses limites (à chaque « cycle » de consommation on perd une partie des ressources et on génère des déchets), le salut passe donc par une augmentation considérable de la durée de vie des produits.

Il faut donc que ces produits soient conçus et fabriqués pour être, le plus possible, économes en ressources (et notamment en ressources les plus rares), non polluants, durables, robustes, et facilement réparables ou réutilisables, modulaires, plus faciles à recycler en fin de vie. Littéralement un virage à 180° contre l'obsolescence programmée, technique ou culturelle, la différentiation marketing et la logique du tout-jetable.

Pour cela, il faudra agir sur de nombreux paramètres : les matériaux eux-mêmes, en surveillant l'utilisation d'additifs, d'alliages complexes, de composites ; la conception des objets et leur modularité, la possibilité de changer ou de réutiliser en fin de vie des pièces détachées, des modules fonctionnels ou même des pièces élémentaires (comme de simples vis par

exemple) ; leur « réparabilité », la facilité avec laquelle ils peuvent effectivement être entretenus localement, par l'utilisateur ou le propriétaire, ou par un réseau d'artisans, ce qui implique, nous y reviendrons, de ne plus dévaloriser les métiers manuels ; l'échelle territoriale à laquelle seront fabriqués les produits.

Relocalisation, « réparabilité » locale et convivialité

D'une manière générale, une certaine relocalisation est nécessaire et même éminemment souhaitable : pour des raisons énergétiques évidentes, en faisant baisser les besoins de transport, pour des raisons sociales et environnementales, car nous devons apprendre à gérer localement les fameuses « externalités négatives ». Quand vous êtes patron ou actionnaire d'une usine, il est beaucoup plus difficile d'assumer des salaires d'esclavagiste ou des rejets scandaleusement polluants quand vos clients habitent à un jet de pierre de là, et sont eux-mêmes vos employés ou proches de vos employés. Même à toute petite échelle, la *réputation* est un paramètre de régulation fort. Ne vous est-il jamais arrivé de boycotter une boutique de quartier parce que le propriétaire parlait à son employé comme à un chien ? Enfin, pour des raisons sociétales, car cela permettra de redonner du sens au travail et de *faire société* à l'échelle du village, de la ville, de la région... quand chacun trouve sa place dans le fonctionnement économique et est reconnu — ou honni — par les autres membres de la communauté.

Naturellement, certaines productions et activités resteront en dehors des territoires, ne serait-ce que les productions minières ou certaines productions agricoles (personne ne parle de faire de l'huile d'olive dans le Pas-de-Calais) : il n'est donc pas question d'interrompre les échanges mais de les focaliser uniquement sur ce qui ne peut pas être produit localement, en se rapprochant, d'une certaine manière, du commerce au loin des siècles passés, considérablement facilité, cependant, par les progrès technologiques des moyens de transport.

Tout dépend aussi de ce que l'on appelle local. Même les objets les plus simples, les plus conviviaux, les plus réparables, ne pourront être entièrement fabriqués localement. Prenons l'exemple d'un vélo. Même un modèle simple contient plusieurs centaines de pièces élémentaires, dont la plupart ont un contenu technique qui n'est pas maîtrisable « localement » : métallurgie d'alliages et métaux différents, usinage et ajustage des pièces, vulcanisation du

caoutchouc des pneus, préparation des peintures anticorrosion ou de la graisse pour la chaîne... demandez à un forgeron de village de vous fabriquer un dérailleur ! En revanche, une fois construit, il est clairement possible pour le commun des mortels d'en comprendre parfaitement le fonctionnement, de le « bricoler », et un réseau de réparateurs ayant accès à des pièces détachées simples peut le maintenir en état pour de très nombreuses années, pour ne pas dire indéfiniment ou presque.

On n'en dira pas autant de la plus simple de nos voitures d'aujourd'hui (plusieurs dizaines ou centaines de milliers de pièces élémentaires), d'un téléphone mobile, ou d'un ordinateur (électronique intégrée) dans leur conception actuelle. Par contre, une machine à laver ou un réfrigérateur pourraient, sous certaines conditions (simplification de l'électronique, motorisation robuste...), entrer relativement facilement dans cette catégorie, ce qui est plutôt rassurant.

À bien y réfléchir, de nombreux objets du quotidien sont devenus *high tech* et irréparables, ou incompréhensibles. Prenons le cas du thermomètre médical grand public. Souvenez-vous des modèles très simples, ceux qui ont disparu car ils contenaient du mercure — qui a donc fait son retour dans nos foyers par les lampes basse consommation, mais passons. Il était impossible à fabriquer « localement » par un verrier (allez mettre le mercure dans le tube de verre, l'étalonner...). Pourtant, une fois fabriqué par un procédé forcément industriel (mais pas obligatoirement très *high tech*), il était parfaitement simple et robuste d'utilisation, et d'une durée d'utilisation très longue, à condition de ne pas le faire tomber par terre. Quand il était hors d'usage, on comprenait pourquoi. Ses matériaux de base étaient simples : verre, mercure, quelques pigments pour les graduations. Son remplaçant électronique ne partage pas ces caractéristiques conviviales : il finira par tomber en panne (affichage, pile, circuit électronique...) et son contenu en matières premières, allié à sa petitesse et à l'impossibilité d'une collecte dédiée, en fait un produit impossible à recycler qui finira fatalement en décharge ou en incinérateur.

Bonne et mauvaise standardisations ?

Pour faciliter les réparations et maximiser les possibilités de réutilisation, une certaine

standardisation est sans doute nécessaire. Mais il y a très certainement de bonnes et de mauvaises standardisations.

Exemple de bonne standardisation : nous pourrions, assez facilement, décider de ne plus fabriquer que trois ou quatre formats de bouteilles uniques (en verre blanc, donc !) qui seraient utilisés pour toutes les boissons : l'eau, le lait, l'huile, le vin, la bière, les sodas, les jus de fruits... voire des usages non [130] alimentaires (ou alors, pour éviter tout problème, dédier à ces derniers quelques formats spécifiques supplémentaires). Il suffirait alors de mettre en place une consigne généralisée et des centres de nettoyage/embouteillage locaux, pour rendre la réutilisation des bouteilles très intéressante, économiquement et écologiquement. Dans les conditions actuelles, la consigne est difficile à mettre en place. Certains calculs ont d'ailleurs montré que le transport de bouteilles vides pouvait consommer plus d'énergie que celle économisée par leur réutilisation, et je les crois volontiers, quand il faut refaire traverser la France entière à la bouteille pour rejoindre son usine d'origine. Mais avec un format de bouteille standard, celle-ci rejoindrait l'usine la plus proche, baissant énormément les besoins de transport.

La bouteille de vin de Bordeaux, consommée à Tours, partirait en Normandie pour être remplie de lait, être consommée en Bretagne, remplie de cidre, etc. Il y aurait de temps en temps un peu de casse, qui serait collectée dans des conteneurs comme aujourd'hui, sauf qu'ils se rempliraient bien plus lentement. Bien sûr, tout cela ne serait pas très bon pour le marketing, la seule différenciation étant l'étiquette — en noir et blanc ou couleurs naturelles, s'il vous plaît (cf. supra) — et la qualité du contenu... sans pouvoir désormais s'appuyer sur le contenant. Finies alors les lourdes bouteilles de whisky ou de champagne aux formes alambiquées ; et il faudrait s'habituer à la couleur naturelle du vin rouge ou de l'huile d'olive (certains sont déjà vendus ainsi)...

Exemple de mauvaise standardisation : l'annonce tonitruante — dans les milieux autorisés — faite il y a quelques années par l'association des fabricants de téléphones portables, qui, dans le cadre d'une démarche furieusement « développement durable », s'étaient mis d'accord pour standardiser... les chargeurs. Outre le côté un peu ridicule de l'affaire (un chargeur doit contenir quelques bobinages de cuivre, mais il est évident que l'essentiel de la pollution, en amont ou en aval de la fabrication, est dans le téléphone lui-même), mon cœur frémit lorsque je pense à toute cette entropie générée, tous ces efforts déployés — spécialistes mondiaux et employés d'administrations internationales se réunissant en séminaires après de longs voyages en *business class*, rapports épais, commissions diverses et dossiers auprès des organismes, conférences

téléphoniques internes — pour un résultat médiocre et balayé par l'arrivée des *smartphones*.

La mauvaise standardisation, c'est donc celle qui sera probablement trop longue et trop complexe à mettre en œuvre, pour une efficacité limitée, et qui peut même risquer d'accélérer l'obsolescence technique par une évolution des normes... C'est probablement le cas pour la construction, l'électronique, la mécanique, où certains composants sont de toute manière déjà standardisés. Pour ces secteurs, l'enjeu passe par la réutilisation des composants et de modules plutôt que par la standardisation de produits nouveaux.

Produits jetables et consommables

Reste que tous les produits que nous utilisons dans la vie courante ne sont pas par nature *durables*. C'est le cas des produits d'hygiène, de détergence ou des cosmétiques, par principe dispersifs ; des emballages pour certaines utilisations (alimentaires, médicaux, hospitaliers...) qui se retrouvent souillés ou contaminés. Il faut donc conserver la capacité à fabriquer quelques produits jetables et des consommables.

Pour les objets jetables, la solution réellement durable passerait par une fabrication *entièrement* à base de ressources renouvelables. Rassurez-vous, je ne propose pas la feuille de bananier pour l'emballage alimentaire, une solution pourtant éprouvée en Afrique tropicale, avant l'arrivée de la poche plastique. D'abord, le besoin peut être fortement réduit : à condition d'avoir accès à de petites boutiques ou à des producteurs sur les marchés (et d'avoir plus de temps...), on peut réaliser une bonne partie de ses courses en réutilisant les mêmes emballages : rapporter sa boîte d'œufs vide et ses pots de yaourt en verre chez la crémière pour qu'ils soient réutilisés, apporter ses propres boîtes plastique pour les plats préparés chez le traiteur et le charcutier, réutiliser ses sacs en papier d'une fois sur l'autre pour le pesage des fruits et légumes, acheter en vrac les légumes secs et le miel, un mode d'achat qui a déjà commencé dans certaines chaînes de magasins... Les pilules pourraient être délivrées à l'unité par les pharmaciens, une pratique courante dans de nombreux pays. Les emballages jetables étant ainsi limités à des usages très spécifiques (produits sensibles comme les vaccins par exemple), on pourrait se permettre un (tout) petit peu de « bioplastiques », issus de renouvelables ou non (si c'est une petite quantité) mais surtout facilement biodégradables, ou faciles à incinérer sans

émission de polluants, si cela est possible...

Pour les produits consommables, il serait assez simple de les fabriquer localement à partir d'intermédiaires simples et naturels. Il ne s'agirait pas de fabriquer forcément soi-même son dentifrice — à partir de cendres, d'argile et de menthe du jardin — mais un réseau d'« apothicaires locaux » pourrait très bien le faire, ce qui permettrait au passage de résoudre aussi le problème du contenant : on reviendrait se fournir en savon, remplir son pot de crème hydratante ou de dentifrice.

C'est d'ailleurs la seule manière d'éviter les composés chimiques les plus divers, souvent nocifs, présents dans tous ces produits cosmétiques. Toute crème, que l'on se le dise, est une émulsion d'huile et d'eau, comme la mayonnaise : pour la maintenir en condition, il faut lui adjoindre des tensioactifs (sinon la mayonnaise retombe) comme le laurylsulfate ou le laurethsulfate de sodium, et des conservateurs (sinon la mayonnaise tourne) — antibactériens, antifongiques — comme les parabènes potentiellement cancérigènes, qui commencent à être remplacés dans certains produits par le méthylisothiazo-linone (ouf ! on se sent tout de suite plus en sécurité).

Même dans certains produits cosmétiques « bio », dont la réglementation est un peu floue, la composition fait frémir, car il est des contraintes physiques difficiles à dépasser. À défaut d'une pure utilisation d'huile d'olive à la mode antique pour se graisser la peau (très efficace mais l'odeur rance et persistante demanderait une évolution culturelle importante et une certaine dose de courage pour prendre le métro), la préparation à domicile ou chez l'apothicaire local, puis la conservation au froid pour éviter les bactéries pendant les quelques semaines d'utilisation seraient donc une bonne alternative pour bannir les produits chimiques, nocifs pour l'organisme à l'usage et l'environnement après dispersion.

Orienter le savoir vers l'économie de ressources

Avant d'aborder quelques autres principes cruciaux, je souhaiterais répondre à une objection qui ne manquera pas de survenir rapidement. Antinomique des hautes technologies et de « l'économie du savoir », les basses technologies seraient forcément passéistes, néo-luddites, obscurantistes, opposées au progrès (scientifique). Faire moins (premier principe) et

plus durable (deuxième principe), ce serait forcément tourner le dos à l'innovation, au savoir et à la recherche.

En réalité, bien au contraire, il faudra des savoirs et de la recherche, mais orientés vers des finalités différentes d'aujourd'hui. Prenons l'agriculture biologique, l'agro-écologie ou la *permaculture* — trois approches voisines — que l'on peut faire entrer assez facilement dans les critères des basses technologies : [135] peu ou pas d'intrants (donc faire la même chose, ou même mieux en termes de qualités nutritionnelles voire de rendements, avec moins), pas de pollution, respect ou restauration des patrimoines naturels comme les sols, maîtrise locale... Celles-ci requièrent, pour être efficaces, des bases théoriques solides en agronomie et en microbiologie, une connaissance fine des cycles écologiques, des interactions entre la microfaune, la faune et les plantes. Elles nécessitent des adaptations locales des méthodes aux différentes natures des sols, aux expositions des terrains et aux climats, aux variétés de plantes cultivées.

L'essor de ces techniques ne pourra se faire, pour ne pas perdre trop sur les rendements des cultures, qu'avec un accompagnement sur les savoirs, par le partage des expériences, des formations théoriques et pratiques nombreuses, des recherches complémentaires qui devront encore s'accumuler. De nombreux progrès pourront encore être faits à l'avenir.

Un autre exemple peut-être moins évident, celui de la « chimie du vivant », si nous voulons pouvoir utiliser, plus qu'aujourd'hui mais de manière raisonnable, quelques ressources ou déchets issus de l'agriculture ou de l'élevage pour en faire des matières premières, en lieu et place du pétrole et du gaz, pour des produits manufacturés. Cette chimie du vivant est bien plus complexe car elle doit prendre en compte les réactions et les interactions de nombreuses molécules différentes, là où la chimie organique actuelle est essentiellement « monomolécule » (après cracking du pétrole, de la houille ou du gaz naturel dans des filières en C_2, C_3, C_4, C_6, c'est-à-dire correspondant à la longueur de la chaîne carbonée...) et « monoprocédé » (une réaction ou une série de réactions, avec ou sans catalyseur). En quelque sorte, revenir à ce que les anciens faisaient de manière intuitive et plutôt avec de mauvais rendements, des pertes de matière et des pollutions dans les industries de l'Ancien Régime : fonderies de suif, colorants minéraux ou végétaux, industrie du cuir et tanneries... Mais cette fois, grâce à nos connaissances théoriques acquises depuis, nous pourrions sans doute le faire avec de bien meilleurs rendements, plus de contrôle sur les procédés et de précision sur les produits de sortie, et une utilisation optimale des ressources. Comprenons-nous bien, je ne me jette pas dans les bras des biotechnologies blanches dont nous avons eu l'occasion de parler en fin d'acte I. Car celles-ci recherchent une perfection de procédé plus proche de la chimie classique qu'il n'y paraît.

Enfin, il reste des domaines où tout ou presque reste à imaginer et à faire : le traitement des déchets moins absurde qu'aujourd'hui, le recyclage, l'éco-conception...

Bien sûr, on trouvera une contrainte de taille, la question de la rémunération des efforts de recherche qui seront nécessaires, car il sera difficile de déposer des brevets dans la plupart des cas, et ce n'est sans doute pas souhaitable si l'on veut déployer au plus vite des techniques utiles et bienfaisantes. À bien y regarder, je ne vois d'autre choix que de financer cette recherche sur les fonds publics. D'ailleurs, on peut sans doute se le permettre, car on oublie un peu vite que dans les « partenariats public-privé » les acteurs privés se contentent souvent de supporter les coûts du programme, c'est-à-dire essentiellement des coûts variables, tandis que le public paie l'essentiel des coûts fixes. En gros, dans la recherche française, l'impôt finance la voiture et le secteur privé, qui finance le carburant, décide de la destination, pour une dépense plutôt modique en proportion.

Enfin, le savoir pourrait être mieux réparti qu'aujourd'hui, facteur de santé démocratique. Les productions, au lieu d'être cachées et concentrées, seraient plus visibles, plus maîtrisées localement, par un plus grand nombre. Chaque consommateur devrait comprendre l'impact, les tenants et les aboutissants, de ses achats. Dans l'agriculture et l'élevage, un tout petit nombre d'experts, de semenciers, de reproducteurs contrôle aujourd'hui les bases théoriques et la production pratique des semences et des races, tandis que demain chaque paysan serait membre d'un réseau d'échanges de semences et d'animaux. Pour réduire le volume des déchets et assurer le retour des nutriments à la terre, il sera nécessaire que chacun, chez soi, soit sensibilisé et comprenne mieux les principes des grands cycles naturels et les modalités pratiques du compostage. Est-ce être trop optimiste sur la nature humaine ?

Rechercher l'équilibre entre performance et convivialité

C'est sans doute le principal problème du monde *high tech* que l'on nous fait miroiter. Sous prétexte de rechercher une toujours plus grande efficacité ou efficience technique, on développe des technologies plus compliquées, souvent avides de ressources plus rares et non renouvelables, métalliques en particulier. Or ces systèmes hautement performants correspondent généralement à une tolérance industrielle moindre (qui requiert elle-même des

capacités technologiques supplémentaires sur les chaînes de fabrication), à une fragilité et des risques de pannes accrus, à des besoins de maintenance régulière et plus spécialisée. La recherche de performance à tout prix ne fonde pas un système industriel très *résilient*, résistant aux perturbations, qui ne manqueront sans doute pas d'arriver : risques géopolitiques, ruptures d'approvisionnements, pic de ressources, instabilités politiques...

Si l'on veut effectivement économiser nos ressources et rendre le système plus stable face aux incertitudes de l'avenir, il sera nécessaire d'arbitrer, d'une manière ou d'une autre, entre performance et « convivialité », pour prolonger les réflexions d'Ivan Illich : « J'appelle société conviviale une société où l'outil moderne est au service de la personne intégrée à la collectivité, et non au service d'un corps de spécialistes. Conviviale est la société où l'homme contrôle l'outil »[24]. À l'inverse d'une complexité technologique et systémique qui finit par être contre-productive (coûts prohibitifs de maintenance, fragilité de la « techno-dépendance », conséquences négatives et coûts induits sur le reste de la société) et se retourner contre ses utilisateurs.

Mieux vaut, certainement, perdre un peu en efficacité mais faire robuste, simple, avec des matériaux et des technologies éprouvées, pour augmenter les capacités locales à entretenir, à réparer, à faire durer, à maîtriser les objets, les outils ou les systèmes techniques. C'est, d'une certaine manière, le syndrome qui a atteint les ex-colonies lorsqu'elles n'ont pu maintenir des infrastructures ou machines dernier cri, payées par l'aide au développement (souvent avec quelques arrière-pensées sur l'exploitation induite des matières premières locales), par manque de pièces détachées et d'outillages ou insuffisance de compétences techniques locales.

Ainsi, avant de faire des déploiements massifs d'énergies renouvelables (mais vu le rythme auquel cela avance, on a sans doute bien le temps...), ne faudrait-il pas réfléchir un peu au choix de nos éoliennes ? Vaut-il mieux des éoliennes « de village », peut-être limitées à un réseau local, avec moins de puissance fournie ou une gamme de fonctionnement moins étendue, mais une technique robuste, basique, des matériaux moins loufoques (je rappelle que l'on ne sait pas, à ce jour, recycler les matériaux des éoliennes à durée de vie de moins de trente ans que nous installons actuellement) et qui puissent être réparées facilement ? Ou ces monstres de 5 MW de puissance, bourrés de technologies de pointe, et leurs sous-systèmes associés ? Les hommes et femmes de l'art me rétorqueront que ce serait une aberration de planter de petites éoliennes moins puissantes, qui, pour être installées, nécessitent bien plus de béton et d'acier par kilowatt-heure produit.

Mais tout est peut-être une question de périmètre : si l'on y incluait l'ensemble du système nécessaire pour faire [140] fonctionner ces grandes éoliennes *high tech*, les *smart grids*, les bases logistiques, les routes d'accès empierrées, les câbles pour les relier, les dégâts environnementaux générés en amont par les terres rares ? L'avantage serait-il encore à ce *macrosystème* ? J'aurais aimé que l'on se pose la question, même si le calcul est loin d'être évident. Et surtout, elles participent du mythe de l'énergie disponible sans contrainte. Dans le vent ou le calme, qu'il pleuve ou fasse soleil, on installera tout ce qu'il faut pour que la lumière jaillisse à la pression sur l'interrupteur. Quitte à étendre le macro-système jusqu'au Sahara ou au-delà.

Dans le choix d'un bâtiment collectif, mieux vaudra renoncer à une hauteur trop grande (pourtant performante du point de vue de la consommation d'espace) mais trop consommatrice d'énergie et de ressources métalliques *high tech*. La voiture la plus *green* devrait s'inspirer sans conteste du vieux modèle 2 CV : faible vitesse maximale, faible poids, fabrication en acier basique, accessoires inexistants, consommation faible. D'accord, le bruit, le rendement du moteur laissaient à désirer, j'imaginé qu'elle ne passerait pas les normes antipollution et qu'une concentration trop grande de 2 CV ancien modèle dans nos villes et sur nos routes serait une catastrophe pour la santé publique. C'est bien là qu'il ne faut pas jeter bébé avec l'eau du bain, revenir aux *Visiteurs* mais avec le dentiste ! On peut s'inspirer de la 2 CV (pour sa vitesse limite, sa légèreté, sa robustesse, sa simplicité), mais en intégrant quelques améliorations — sans doute techniquement pas si simples — sur le filtrage des particules, le rendement du moteur, l'aérodynamique, l'idéal restant, on l'a vu, de réduire le nombre de voitures et les kilomètres parcourus.

Ce principe d'acceptation de la moindre performance, du vieillissement, de la perte de rendement contre le remplacement à tout prix par un nouveau modèle, devrait aussi s'appliquer en premier lieu aux bâtiments, aux infrastructures et aux installations industrielles existantes. C'est une des manières de lutter contre l'artificialisation galopante des terres. Si vous entendez que pour améliorer ou déployer telle ou telle activité, la rendre plus « verte », faire du « développement durable », il faut commencer par bétonner, sortez votre revolver. Cette nouvelle plateforme logistique régionale qui va bitumer quelques hectares de champs, mais pour la bonne cause du report modal attendu. Ou de nouvelles installations sur le port de Saint-Nazaire au détriment des dernières zones humides de la Loire dans le coin, pour accueillir la logistique maritime nécessaire à l'éolien *offshore*. Ou de nouvelles lignes haute tension pour accompagner le développement futur des énergies renouvelables. L'enfer vert est pavé de bonnes intentions, il faut « investir pour l'avenir », « passer la bosse » et cela ira forcément

mieux après... Ne vaut-il pas mieux faire avec ce que l'on a déjà, avec la reprise, forcément bien moins « optimisée » de surfaces déjà artificialisées, d'usines désaffectées, de parkings de supermarchés désertés ?

La perfection est parfois belle, dans les arts, la musique, la danse ! Mais si l'on excepte ces instants de magie pure — et si l'on fait fi des exercices de torture pour domestiquer les articulations du pianiste ou de la danseuse d'opéra — la vie est majoritairement faite d'imperfections. Nous devrions nous en inspirer pour notre système industriel et nos exigences au quotidien.

Relocaliser sans perdre les (bons) effets d'échelle

Il est tentant — et de toute manière nécessaire — de relocaliser une partie de l'activité économique, de rapprocher les sites de production des lieux de consommation. À l'heure de la folle valse des crevettes, où les mêmes produits, des aciers aux produits agricoles, franchissent au gré des différences de tarifies Alpes dans les deux sens, cela doit pouvoir s'imaginer.

Se pose alors la question de l'échelle à laquelle on pourrait ou devrait relocaliser : faudrait-il rapatrier la production chinoise sur le territoire européen, de l'Espagne à l'Estonie, de l'Irlande à la Roumanie ? Ou favoriser la réémergence d'industries nationales — ah, le bon temps du Comité des forges et des patrons d'usine paternalistes ? Ou descendre à l'échelle régionale, voire locale avec des implantations dans chaque communauté de communes, dans chaque village, de petits ateliers et de microentreprises ? Il n'y a bien sûr pas de réponse unique, tout dépend de ce que nous aurons encore à produire, mais on peut poser quelques hypothèses. Il nous faut pour cela distinguer les industries de procédés, les manufactures et les industries de réseau.

Les industries de procédés

Historiquement, les industries, et notamment les industries de procédés, comme la sidérurgie, la production de métaux non ferreux, la chimie minérale et organique, les raffineries, l'industrie du verre, des matériaux de construction (plâtres, tuiles, ciments...), ont toujours eu une tendance à la concentration, en allant vers des sites de production toujours plus gros et servant des territoires toujours plus importants.

Cette concentration a permis de gagner en performance économique par effet d'échelle (réduction de la quantité de main-d'œuvre et d'énergie par unité produite, regroupement des compétences clés dans un nombre de sites limité, etc.), mais s'est aussi produite par une tendance naturelle à la création d'oligopoles ou de monopoles locaux : en rachetant le concurrent du coin, on peut augmenter un peu les prix et améliorer son résultat. La tendance au regroupement des sites n'est donc limitée que par les difficultés de transport de matériaux qui sont souvent pondéreux.

Ainsi, lorsque les produits sont assez basiques et d'un faible prix à la tonne, le transport ne dépasse pas quelques dizaines ou centaines de kilomètres, sauf lorsqu'il y a des possibilités d'accès au transport maritime ou fluvial, qui permet le transport de quantités énormes à un coût très bas. Ainsi du ciment, dont le marché repose sur des quasi-monopoles locaux à l'intérieur du pays, sauf autour des ports où du ciment importé peut être acheminé à coût raisonnable. Si les produits ont un prix à la tonne plus élevé, comme des aciers ou des verres spéciaux, ceux-ci supportent alors très bien le transport sur de longues distances, dépassant sans problème le millier de kilomètres.

Certaines de ces industries sont donc déjà, par nature, relativement proches des bassins de consommation. Pour les autres, il est probablement illusoire de vouloir les « déconcentrer », au moins pour deux raisons. D'abord parce qu'en réduisant l'échelle de la production, nous risquerions d'y perdre sur la consommation énergétique. Encore que le risque ne soit pas systématique : l'industrie chimique réfléchit ainsi déjà, de manière prospective, à des unités plus petites, plus locales, basées sur des « microréacteurs » et une « intensification des procédés ». Mais il est probable néanmoins que de plus petites unités nécessitent aussi plus de matières premières pour les équipements, par unité de produit fini fabriquée. Ensuite et surtout car nous créerions de nouveaux dégâts environnementaux « collatéraux » en réinstallant des productions locales : il faudrait trouver de nouvelles friches industrielles, installer de nouveaux équipements (*high tech*), consommer des espaces et des ressources maintenant, pour un gain futur espéré sur les coûts de transport.

Mieux vaudrait donc, encore une fois, « faire avec l'existant ». L'idée pourrait être d'accompagner la réduction drastique de nos besoins en matériaux (générée par nos comportements [145]vertueux à venir) par la fermeture de certains sites ou, mieux, la réduction de capacité des différents sites (fermetures d'installations du site ou fonctionnements intermittents, selon les cas).

	Automobile	Construction	Emballage	Total
Acier	~ 20 %	~ 40 %	faible	~ 60 %
Aluminium	~ 20 %	~ 20 %	~ 20 %	~ 60 %
Tous plastiques	~ 10 %	~ 25 %	~ 30 %	~ 65 %

Prenons par exemple le bilan de l'utilisation d'acier, d'aluminium ou de plastique dans les différents secteurs économiques (figure 10). Celle des seuls secteurs automobile, construction et emballage représente 60 à 65 % de la consommation. Rien d'étonnant puisque l'automobile et la construction sont deux « poids lourds » de l'économie française — quand le bâtiment va, tout va, tandis que l'industrie automobile a tiré l'industrialisation des pays occidentaux des années 1950 aux années 1970 — et que le troisième poids lourd, la grande distribution, repose fortement sur les surfaces disponibles et les produits emballés.

Or imaginons que nous réduisions, en prenant des chiffres ambitieux, le besoin de 50% dans la construction et de 80% dans l'automobile et l'emballage. Sans entrer dans les détails, les 50 % dans la construction pourraient être atteints par exemple sans les bureaux et les bâtiments industriels (faire avec ce que l'on a), avec un peu plus de réhabilitation et une meilleure utilisation du parc existant en logements (il y a en France 10% de résidences secondaires inoccupées). Les 80% dans l'automobile pourraient être atteints en travaillant sur la taille du parc et la durée de vie, les 80% dans l'emballage par une généralisation de la vente en vrac et en contenants réutilisables.

Peu importe, il ne s'agit que de se donner un ordre de grandeur. Rien que dans ces trois secteurs, on économiserait ainsi de 40 à 50 % du total de l'acier, de l'aluminium, des plastiques et du ciment. Avec la « crise », c'est d'ailleurs ce qui se passe déjà un peu, d'où les déboires des hauts-fourneaux lorrains et belges. La consommation de voitures baissant (pas par la réduction du nombre, mais par le vieillissement du parc et la hausse des importations), les besoins en acier de première fonte ont réduit de manière sensible. Dans un monde à basses technologies, économe en acier de première fonte et recyclant ses ferrailles, nous pourrions probablement nous contenter d'un seul ou de deux hauts-fourneaux pour alimenter toute l'Europe occidentale. Mais ne me demandez pas celui qu'il faudrait garder.

Encore ne s'agit-il là que d'économies sur la consommation directe dans les produits finaux. Il faudrait y ajouter ce qui est nécessaire à leur fabrication : robots, machines, chaînes d'assemblage pour l'automobile, grues, engins de chantier, banches pour la construction... Cette part indirecte est assez limitée dans la consommation de masse comme l'automobile, mais pas si négligeable pour des activités « intermédiaires ». Ainsi du pétrole et du gaz dont le secteur, invisible du consommateur final, engloutit déjà 5 % de l'acier au niveau mondial, avec les plateformes, les tubes de forage et de puits, les pipelines, les bateaux de transport... Cela ne devrait pas s'arranger à l'avenir avec la moindre accessibilité des ressources : plus de trajet à faire en pipeline, plateformes plus profondes, ou plus de puits à forer par baril ou mètre cube produit pour les pétroles et gaz de schiste.

En résumé, il pourrait y avoir une certaine relocalisation des industries de procédés mais certainement pas de tout. On n'imagine pas d'installer un petit haut-fourneau ou une minicimenterie dans chaque ville moyenne ou région de France. Mais pourquoi pas, après tout, pour des fabrications dont les échelles peuvent plus facilement se réduire, comme les savonneries ou les brasseries.

Les manufactures

Même si un retour de l'artisanat est éminemment souhaitable, il est évident qu'une certaine massification dans l'industrie manufacturière permet des gains de productivité énormes, par la spécialisation, la division du travail, comme Adam Smith l'avait montré dans son fameux exemple de la manufacture d'épingles[25] : en divisant la fabrication d'une épingle en dix-huit opérations particulières (tirer le fil, le dresser, le couper, émoudre le bout, frapper la tête...), la production dans la manufacture est de plusieurs ordres de grandeur supérieure à ce qui pourrait être fait par l'ouvrier le plus adroit enchaînant seul toutes les opérations.

Il ne faut pas confondre cet effet de la spécialisation avec les fondements du fordisme. Tandis que, pour Adam Smith, il y a un intérêt à se spécialiser dans une tâche pour acquérir dextérité et automatisme, quitte d'ailleurs à ce que le même ouvrier change de tâche d'un jour à l'autre, ou dans le courant de la journée en travaillant par batch avec des tâches répétitives sur une même série — une organisation du travail qui n'est pas forcément incompatible avec la

richesse cognitive du travail manuel -, pour Henry Ford l'intérêt de la chaîne est de pouvoir y subordonner des ouvriers sans qualification particulière, facilement remplaçables et donc moins payés. Le fordisme n'est donc pas en premier lieu un gain de productivité, mais un gain sur le salaire des ouvriers à productivité constante. L'émergence du fordisme ne s'est d'ailleurs pas faite facilement : « Les ouvriers éprouvaient une telle répugnance pour le nouveau système automatisé que, vers la fin de l'année 1913, chaque fois que l'entreprise voulait renforcer le personnel de ses ateliers avec 100 nouveaux travailleurs, elle devait en recruter 963 »[26]. Il y a donc différentes natures de spécialisation et différentes manières de faire de la productivité.

La spécialisation, et le transport de produits semi-finis qui est son corollaire naturel, ne datent donc pas d'hier, pour preuve au XIXe siècle : « Ce qu'un coutelier doit s'efforcer d'atteindre, c'est le bon marché. Le couteau d'un sou [...] est le premier spécimen de ce genre d'ustensiles. La lame est fixée par un clou dans un manche de bois. Malgré sa simplicité, il exige le concours de fabriques nombreuses, situées en trois endroits divers. Le Jura fournit les manches, le Dauphiné les lames ; quant au montage, il se fait à Saint-Étienne »[27].

Sauf que désormais l'effondrement des coûts du transport (pétrole et conteneurisation) a permis une organisation à une tout autre échelle, mondialisée, et à un niveau de concentration et de spécialisation jamais atteint. Il est difficile de croire que l'optimum est représenté par la concentration géographique des *clusters* dans le Zhejiang chinois, cette province de l'*hinterland* de Shanghai, avec des villes entières lancées dans la monoproduction comme Datang, avec un tiers des chaussettes, ou Qiaotou, avec 80% des boutons et fermetures à glissière *du monde*. Et que dire de la concentration capitalistique, avec le géant Foxconn (le fameux sous-traitant d'Apple et des autres) qui produit 40 % de toute l'électronique mondiale ?

60 % des montres vendues dans le monde, 55 % des appareils photo, 70 % des montures de lunettes, 80 % des duvets et des parapluies, 75 % des jouets sont fabriqués en Chine. J'ai du mal à croire qu'Adam Smith s'y retrouverait, pas plus que son compère Ricardo et sa théorie, séduisante sur le papier, des avantages comparatifs. Les trois milliards de brosses à dents de Hangji sont fabriquées dans plusieurs usines, la plus grande d'entre elles (Colgate) en produisant un tiers. Est-il nécessaire de produire un milliard de brosses par an dans une seule usine pour atteindre l'optimum économique et de [150]productivité ? En réalité, une telle production n'est possible qu'avec de nombreuses lignes de fabrication parallèles (et *high tech*), et je parierai donc volontiers que de plus petites unités — à coût du travail esclavagiste équivalent — peuvent atteindre une aussi bonne productivité. C'est d'ailleurs le cas pour de nombreuses autres productions des *clusters* chinois, où les villes et les districts sont spécialisés,

mais la production réalisée dans une multitude de moyennes entreprises ou de petits ateliers familiaux, basés sur quelques machines (comme les chaussettes de Datang).

Comment un tel système, une telle concentration peuvent-ils être soutenable sur le long terme ? Quand les derniers « transferts de technologie » auront été faits, si tant est que nous ayons encore la moindre avance désormais, qu'aurons-nous à vendre en échange de tous ces biens manufacturés ? Des visites de la tour Eiffel et du Louvre, des spectacles de french cancan, de la vente de sacs de luxe, même pas fabriqués chez nous ? On ne reprochera pas à certaines huiles d'être produites là où le soleil est généreux — à condition néanmoins que celles-ci soient produites de manière décente pour l'environnement, ce qui disqualifie d'office l'huile de palme, pour laquelle on détruit les dernières forêts tropicales -, mais pourquoi, à terme, les chaussures devraient-elles être produites ailleurs que localement, sauf peut-être dans les pays où les contraintes géographiques ne permettent pas de produire assez de cuir pour les besoins de la population ?

Il est donc logique, souhaitable — et envisageable, nous verrons comment (cf. acte IV) — qu'un certain nombre de manufactures, de taille petite à moyenne, se réimplantent dans nos territoires. Au moins celles des objets du quotidien (vêtements, chaussures, vaisselle, petit outillage, quincaillerie...) qui ne demandent *a priori* pas trop d'investissement, pas trop de machinerie, car pour les objets *high tech* comme l'électronique grand public, il est sans doute plus compliqué d'atteindre dans de petites unités la taille critique permettant de conserver un bon niveau de productivité.

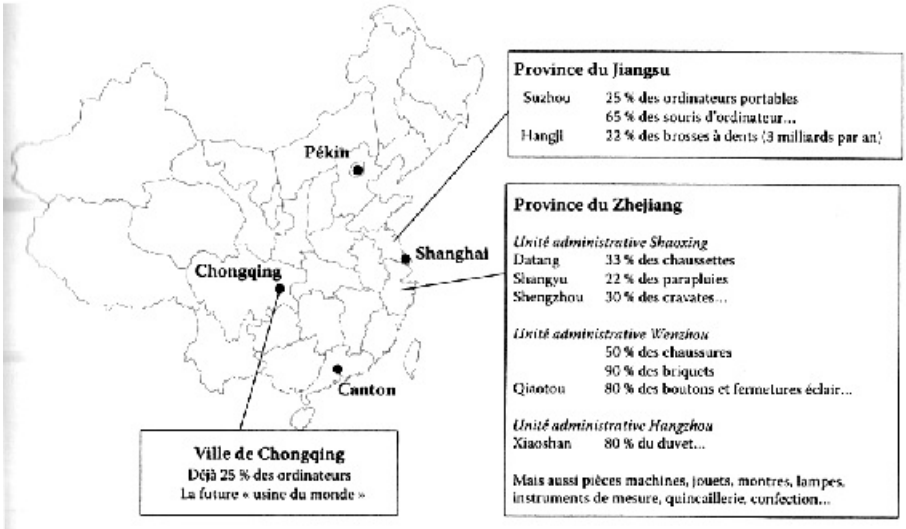

Pékin
Shanghai
Chongqing
Canton
Province du Jiangsu
Suzhou 25 % des ordinateurs portables
65 % des souris d'ordinateur...
Hangli 33 % des brosses à dents (3 milliards par an)
Province du Zhejiang
Unité administrative Shaoxing
Datang 33 % des chaussettes
Shangyu 22 % des parapluies
Shengzhou 30 % des cravates...
Unité administrative Wenzhou
50 % des chaussures
90 % des briquets
Qiaotou 80 % des boutons et fermetures éclair...
Unité administrative Hangzhou
Xiaoshan 80 % du duvet...
Mais aussi pièces machines, jouets, montres, lampes, instruments de mesure, quincaillerie, confection...
Ville de Chongqing
Déjà 25 % des ordinateurs
La future « usine du monde »

Figure 11 - Adam Smith m'a tuer*: les clusters chinois

(Sources : Kham Vorapheth, *Forces et fragilités de la Chine : Les incertitudes du grand Dragon*, L'Harmattan, 2009. Lu Shi & Bernard Ganne, « Comprendre les clusters industriels du Zhejiang », *International Workshop Asian Clusters*, Lyon, 29 novembre 2006.)

* Note à destination des générations futures : la faute d'orthographe est volontaire...

Il ne s'agirait donc pas d'un retour massif à l'artisanat, même si celui-ci serait évidemment amené à se développer. Mieux vaut garder une usine de serrures que tenter de tout faire fabriquer chez le forgeron du coin (déjà occupé avec votre dérailleur de vélo...), mieux vaut ne pas revenir immédiatement au rouet comme nous y invitait Gandhi. En « démécanisant » à ce niveau, nous y perdrions beaucoup, et sans doute trop, en capacité de production pour de nombreux produits de base, sans forcément gagner grand-chose sur la consommation d'énergie ou de matières premières.

Si l'on veut profiter de nos moindres besoins pour progresser vers une société du temps libre, il sera donc sage de conserver de petites usines et des ateliers spécialisés, dans lesquels la petite échelle n'empêche pas une productivité élevée... et d'orienter le cordonnier et d'autres artisans avant tout vers la réparation plutôt que la création sur mesure.

Reste à nous pencher sur le contenu technique des manufactures. Car il ne faut cependant pas oublier que la productivité du travail, si elle dépend de l'organisation, est aussi essentiellement basée sur une dépense d'énergie et de matières accrues. Machines, robots, chaînes automatisées, instruments de contrôle, le contenu technologique des usines continue à augmenter constamment : elles aussi sont frappées, à un rythme accéléré, par l'obsolescence technique, afin de rester dans la course de la compétition mondiale. Comment conserver la productivité des manufactures tout en réduisant leur consommation énergétique et leur contenu technologique ?

Il est clair qu'au départ la dépense énergétique, les premières utilisations du moulin à eau puis des machines à vapeur dans l'industrie (broyage des tissus pour le papier, des minerais, entraînement des métiers à tisser) ont fait faire des bonds exceptionnels. Certaines petites industries se sont passées d'énergie pendant longtemps, ainsi dans la France profonde des années 1860 : « dans les usines, les meules sont mues par des machines ; mais dans la petite industrie, que l'on peut appeler domestique, elles sont mises en mouvement par des chiens, des idiots et des aveugles, avec une roue à marcher »[28]. Rassurez-vous, je ne propose bien sûr rien d'aussi radical, sauf peut-être avec les chiens ou les amateurs de jogging en salle.

D'abord, comme ailleurs, il y a sans doute un rendement décroissant, dans les effets sur la productivité, de l'utilisation d'énergie et de machines automatisées. Les gains du passage aux premières machines, simples, ont été bien plus importants en pourcentage que ce que l'on peut désormais obtenir en réorganisant une chaîne de production ou en investissant dans le système dernier cri. Ensuite, il faudra peut-être accepter une certaine baisse de la productivité du travail,

mais est-ce un si grand problème dans une société qui n'en fournit plus assez à toute sa population active ?

En développant de petits ateliers, des microentreprises, équipés de quelques machines simples et robustes, mais gardant un certain nombre d'acquis (commande numérique ?), on devrait pouvoir conserver une bonne part de la productivité actuelle, tout en baissant le contenu énergétique. Ce réseau local de production pourrait être relayé et articulé avec un réseau d'artisans qui assureraient éventuellement un complément, et surtout les réparations des objets manufacturés, au-delà de l'entretien usuel, des savoir-faire de base, que nous pourrions nous réapproprier.

Les industries de réseau

Reste l'épineuse question des industries de réseau. Peut-être plus que les objets manufacturés, il s'agit là d'une part essentielle de notre activité économique, de notre « confort » : distribution d'eau, de gaz, d'électricité, réseaux d'assainissement, transports collectifs, hôpitaux, télécommunications. Si ce confort est tellement habituel que l'on ne s'en rend plus compte (quand on y pense, quelle magie pourtant que de voir de l'eau couler d'un robinet !), on est vite rappelé à l'ordre quand il vient à manquer temporairement. Comme le bonheur, c'est quand il disparaît brutalement que l'on ressent un manque cruel.

Au-delà du confort, c'est avant tout notre capacité à vivre plus nombreux sur une surface donnée qui est en jeu dans le maintien de ces services. Nous sommes désormais fort nombreux, bien trop urbanisés, agglutinés, faute de place, sur de petites surfaces. À plusieurs centaines d'habitants par kilomètre carré (la moyenne française est de 120 hab/km², mais en incluant les Cévennes, le Jura et les Alpes...), il est [155] hors de question de récolter un peu de bois de feu autour de chez soi, de puiser l'eau dans la rivière et d'y faire la lessive, ou de déféquer sur le bord du chemin. La concentration physique (520000 passagers par jour à Paris Gare du Nord) et les risques de contamination microbienne sont tels que, pour éviter les chocs épidémiques, il est nécessaire d'adopter des règles d'hygiène strictes, pour les corps comme pour les lieux, des systèmes d'adduction d'eau et d'assainissement irréprochables, un niveau de médicalisation supérieur, des systèmes de sécurité... Sans compter que notre système industriel est porteur de

ses propres turpitudes : misère absolue, même l'eau de pluie n'est plus potable, car elle se charge en polluants en traversant l'atmosphère, tandis que les élevages concentrationnaires de poulets et de porcs préparent les virus de demain.

En premier lieu, il faut accepter de remettre en cause le dogme d'une concurrence forcément bénéfique. Dans les industries de réseau, elle est plutôt néfaste d'un point de vue environnemental, mais aussi économique, quoi que l'on en dise. On multiplie les équipements et installations parallèles (exemple de la téléphonie mobile et de ses antennes-relais, même si de temps en temps les différents opérateurs partagent un pylône...), les dépenses inutiles de marketing/ vente/communication sans changer quoi que ce soit chez le client. (Prenons l'exemple effarant de la « libéralisation » de l'électricité : le même ERDF assure la prestation à un bout, c'est-à-dire l'unique service vu du client, tandis que l'opérateur historique doit vendre de l'électricité au prix de gros à l'autre bout ! Que reste-t-il au milieu à part du marketing et un service de facturation ? Mystère...) La concurrence est donc génératrice d'une consommation matérielle accrue (ne serait-ce que les supports publicitaires — mais il est vrai que parfois, même en situation de monopole, il est bon de museler les médias en achetant quelques espaces publicitaires)[29], sans gain évident sauf peut-être une stimulation de l'innovation (et encore c'est discutable, cf. le Minitel et d'autres expériences datant du temps des monopoles publics).

Pour des raisons idéologiques, on a volontairement confondu la « saine » concurrence entre les trois boulangers du quartier et cette concurrence contre-productive des métiers de réseau, menant à des découpages rocambolesques avec un système qui marche sur la tête : le ferroviaire, la distribution des colis et du courrier, l'électricité... Quant à la concurrence par concession (renouvellement par appel d'offres) dans d'autres métiers de réseau comme l'eau et l'assainissement, on en voit les limites, ou les risques, liés à la corruption locale.

En second lieu, la complexité technique y est fort grande et les pistes pour nos basses technologies loin d'être évidentes. Les gros équipements de haute performance (alternateurs, compresseurs, pompes, moteurs, automatismes, etc.) y sont légion et l'électronique et l'informatique omniprésentes (réseaux de surveillance, régulation, commande...). On n'imagine pas l'ensemble des éléments techniques qu'il faut régulièrement remplacer pour faire rouler un simple train, sur les machines comme sur le réseau. Quant aux équipements télécoms, ou ceux nécessaires aux examens médicaux ou aux actes chirurgicaux, cela se passe de commentaire. La dépendance technologique continue à progresser régulièrement, soit parce que l'on augmente notre niveau d'exigence (cf les panneaux indicateurs pour les métros et les bus qui annoncent les minutes d'attente, et créent d'ailleurs rapidement une forte dépendance de l'usager, assurant

le déploiement rapide des technologies correspondantes), soit parce que, sous la pression des coûts et de la nécessaire baisse de la main-d'œuvre, nous *machinisons* les services à marche forcée (typiquement le métro automatique, ou les services de maintenance à distance) (cf infra). De plus, les réseaux sont également dépendants du macrosystème technique complet (industries et transports pour la fabrication et la logistique des pièces détachées, transports individuels pour les techniciens en déplacement...) et interdépendants entre eux (équipements télécoms qui ont besoin de courant, réseau électrique dépendant des communications à distance).

Une partie des solutions pourra venir d'une réduction à la source des besoins, c'est certain, comme pour le traitement des déchets (par compostage et réduction des emballages), l'énergie (moindre consommation) ou les transports (réduction des exigences de vitesse ou d'information automatique). Dans les villages et les bourgs peu denses, une autre partie pourrait venir d'une certaine autonomisation des foyers ou des quartiers. Ainsi pour l'assainissement (des solutions alternatives existent au tout-à-l'égout, des toilettes sèches pour les plus puristes au lagunage, à la filtration par les plantes dans des bassins successifs mais qui exige beaucoup de place), ou pour l'énergie (production de renouvelables de petite échelle : solaire thermique, microhydraulique...). Ces solutions locales réduiraient le besoin, ou mettraient en œuvre des solutions à faible contenu technologique. Mais elles sont impensables à l'échelle des grandes agglomérations urbaines.

Je reconnais que c'est un peu maigre. Cependant, l'utilisation globale de ressources de ces industries de réseau reste sans doute assez faible en comparaison des grands secteurs « consommateurs » comme l'automobile, la construction et les produits grand public. Le réseau ferroviaire est de 31000 km en France, soit à peu près un demi-mètre de voie par personne, un ou deux mètres par foyer. Même en prenant les rails, les fondations et ouvrages d'art, les caténaires, la signalisation, le contenu métallique (en poids comme en qualité) est bien plus important dans une maison ou dans une seule voiture (à la durée de vie moindre)... Mais il en va peut-être autrement si l'on ajoute l'ensemble des réseaux, les gazoducs et les tuyaux d'eau, les câbles électriques et les 160000 antennes-relais, les machines dans les hôpitaux. Surtout si le développement exponentiel se poursuit (dans les télécoms naturellement, avec l'explosion des équipements de transmission pour Internet, des serveurs d'entreprise, du *cloud computing*, du stockage de données et des centres de calcul...) ou se prépare, comme dans l'énergie, avec un déploiement massif d'énergies renouvelables, des *smart grids* reliées aux compteurs « intelligents » (et communicants) *Linky* d'ERDF qui permettraient, prétendument, d'équilibrer à tout instant

une offre forcément intermittente avec la demande variable côté consommateur, en « effaçant » (en débranchant temporairement) votre réfrigérateur lorsque le vent baisse. On n'en est pas là, mais les bonnes fées de la croissance verte se penchent déjà sur le berceau.

Quoi qu'il arrive — à moins d'une désorganisation complète et soudaine de la société, avec par exemple un effondrement financier -, il y a peu de risques que les pénuries de ressources surviennent si soudainement que les services de réseaux s'arrêtent du jour au lendemain. Pas de retour violent au puits et à la bougie à craindre, donc. L'eau potable ne manquera pas en premier, même avec un pétrole cher. Car mieux vaut renoncer à sa voiture qu'aller chercher son eau au puits, et mieux vaut enfiler un pull-over que s'éclairer à la bougie. Si des restrictions apparaissent, les gens (ou l'État) arbitreront naturellement vers celles qui ont la plus grande acceptabilité sociale. Les pompiers ne tomberont pas en panne d'essence, mais, à l'hôpital, la qualité moyenne des soins prodigués se dégradera progressivement. Il se passera bien d'autres choses avant que l'on en arrive à creuser à nouveau des puits.

Restons vigilants à ne pas augmenter le contenu technologique des réseaux, par exemple en évitant la *machinisation* à outrance. Mais leur impact sur la consommation de ressources restant faible — télécoms mis à part -, nous avons sans doute bien plus à gagner dans les secteurs manufacturiers et la consommation de masse. Les efforts à consentir pour réduire [160] nos besoins dans le domaine des réseaux seraient disproportionnés par rapport aux économies engendrées, et les besoins sont de toute manière souvent liés à notre forte urbanisation, qui n'est pas un paramètre simple à faire évoluer non plus.

« Démachiniser » les services

Les machines sont utiles pour la production, naturellement, pour augmenter la productivité mais aussi pour lutter contre la pénibilité du travail. Mais pourquoi remplacer les humains par des machines partout ? On assiste depuis quelques années à une prolifération des machines également dans les services.

Je ne parle pas du fait qu'il est désormais nécessaire d'utiliser du matériel et des réseaux informatiques dans de nombreux métiers de service. L'agence de voyages comme le bureau d'études y font systématiquement appel. Il y a sans doute des endroits où c'est un peu exagéré, et

où nous pourrions revoir un peu à la baisse la quantité de technologie et de machines que nous utilisons, comme ces bornes utilisées par les serveurs dans les restaurants, qui permettent, j'imagine, de gagner quelques points de productivité sur la main-d'œuvre et d'éviter toute erreur de facturation. Il serait simple de s'en passer du jour au lendemain. J'avoue par contre ne pas conceptualiser la possibilité de commander un billet de train « manuellement » dans un futur proche, sans le réseau informatique et le logiciel adéquats, en tout cas si l'on veut conserver le concept de réservation de siège et le remplissage optimisé. Appliquée à de tels métiers de réseau, la technologie est désormais indispensable et l'informatique y existe depuis les années 1970 au moins.

Par contre, on assiste de manière plus récente au remplacement progressif des métiers d'accueil et de services par des machines ou des bornes automatiques : dans les gares et les stations de métro, les bureaux de poste, les administrations, les distributeurs de tickets dans les musées ou les zoos, ou dans les supermarchés. Dans les lieux publics ou les établissements recevant du public, les distributeurs automatiques de boissons prolifèrent.

Du point de vue des ressources, rien de plus néfaste : on remplace du simple travail humain, certes pas franchement valorisant en général (pour le poinçonneur des Lilas et la caissière de supermarché, c'est certain, mais c'est sans doute moins vrai pour la guichetière de la poste de village, qui avait un véritable rôle social), par de la consommation métallique et énergétique : machines et écrans bourrés d'électronique, donc de métaux rares, branchés en permanence. Au passage, on remplace les anciens métiers peu qualifiés par d'autres. Il y aurait beaucoup à dire sur la déchéance de ces nouveaux métiers de services non « robotisables », ce néoprolétariat chargé des tournées en camionnette pour approvisionner les distributeurs de café et de confiserie dans les stations de métro, changer les bonbonnes d'eau dans les entreprises, assurer la maintenance de toutes ces machines compliquées, fragiles et capricieuses — car, sans maintenance, tout cela tombe rapidement en panne.

La *machinisation*, la technicisation et la robotisation ont leurs limites, car il faut toujours un être humain pour effectuer la maintenance et approvisionner les pièces détachées ; il en faut même d'autant plus que le système est complexe, car il y aussi celui qui assure la maintenance de l'outillage du mainteneur, etc. Tant que l'on n'aura pas vu un robot en dépanner un autre (on en est loin, je crois), le monde a des chances de rester bien humain. Ce qui me fait douter du danger potentiel de ces hordes de futurs « nanorobots autorépliquants » qui envahiraient le monde sans nous demander notre avis. Mais il n'est pas interdit de se tromper, et les nanotechnologies ont bien d'autres inconvénients qui suffisent à nous y faire renoncer

raisonnablement, comme on l'a vu précédemment.

Il est donc impossible de se passer du travail humain, même dans l'économie 2.0, car « on n'enfonce pas un clou avec Internet ». Il faudra toujours de la main-d'œuvre pour l'ébouage ou pour l'ensemble des corps d'état dans le bâtiment, puisque l'on n'inventera pas l'imprimante 3D à fabriquer des maisons ou des immeubles. À l'inverse, grâce à Internet, les métiers de services se délocalisent de plus en plus facilement, au Maghreb pour les francophones ou en Inde pour les anglophones. Après les métiers à faible qualification comme les centres d'appels (où il suffit le plus souvent de suivre un script, ou les instructions d'un logiciel), c'est le tour des bureaux d'études et des développeurs informatiques, et les suivants sur la liste seront les métiers à « haute valeur ajoutée », comme les juristes ou les radiologues... Eh oui, préparez-vous, bientôt votre cabinet de radiologues enverra votre radio en Inde où elle sera interprétée *à bas coût*, avant que le diagnostic ne revienne par Internet pour être signé et endossé localement par un radiologue bien français dûment diplômé. Et qui, n'en doutons pas, continuera à vous faire payer le prix fort.

Nous sommes restés jusqu'à présent sur le schéma historique, ce clivage entre cols bleus et cols blancs, entre les emplois non qualifiés et qualifiés. Et, forcément, la clef pour échapper au chômage serait de monter en qualification. Mais ce schéma est en passe d'être balayé. L'ancien clivage sera remplacé par celui d'emploi délocalisable ou non délocalisable[30]. Vous rêvez de formidables études d'ingénieur pour votre fiston ? Qu'il choisisse bien sa spécialité alors, car la Chine, l'Inde, l'Indonésie en forment en ce moment à tour de bras, et de beaucoup moins chers. Alors que l'on sait bien pourtant qu'un plombier à son compte — certes un emploi moins brillant en société — gagne beaucoup plus de l'heure que de nombreux emplois de services « qualifiés ».

Revenons à nos bornes automatiques. Dispendieuses en ressources et énergie, elles sont aussi aberrantes du point de vue économique, et nos « décideurs », bien convaincus qu'il faut réduire au plus vite le nombre de travailleurs imparfaits et, dans ces métiers, souvent syndiqués, font preuve de courte vue. Que se passe-t-il en pratique ? Afin d'être plus « efficaces », en partant sûrement d'une bonne intention — servir mieux et de manière moins coûteuse les usagers ou les clients -, on détruit de l'emploi local et on aggrave le déficit commercial (car l'essentiel du contenu des machines est fabriqué à l'étranger, et leur énergie achetée à l'extérieur), contribuant à accélérer la destruction des bases de notre société.

Est-il possible de faire « machine arrière » ? Oui, sûrement, en faisant attention de ne pas

aller trop loin (pas sûr qu'il faille réembaucher des poinçonneurs), mais avec 3 ou 4 millions de chômeurs, on peut certainement ré-humaniser certains services sans que cela change quoi que ce soit aux bornes de la société. Gardons tout de même quelques machines bien utiles, sans recréer les métiers de lavandières en remplacement des lave-linge. Même si l'on pourrait arguer que les riches Occidentaux et Occidentales ne font, en quelque sorte, que sous-traiter le lavage de leur linge à des « lavandières virtuelles », lointaines, fabriquant dans les pays à main-d'œuvre corvéable nos machines à laver ou extrayant les ressources non renouvelables qui les composent et les animent.

Savoir rester modeste

Vous l'aurez remarqué, il ne s'agit que de pistes, de quelques réflexions incomplètes. Je n'ai pas la prétention d'avoir réponse à tout, ni aux quoi ni aux comment. Cela tombe bien car c'est en phase avec un dernier principe des basses technologies, celui de savoir rester modeste.

[165]Les découvertes de la science et les progrès techniques ont été tellement fulgurants que nous en avons perdu nos repères. Notre science « prométhéenne » nous promet aujourd'hui rien de moins que la toute-puissance : repousser les limites de la vie avec la médecine des biotechnologies « rouges », voire l'éternité avec le mouvement « transhumaniste » et le téléchargement de nos cerveaux dans des disques durs, ou le clonage perpétuel ; transformer l'inerte en vivant, en produisant de la nourriture synthétique à partir des comètes ; créer la vie à partir de rien, avec la biologie de synthèse ; accéder au savoir universel (mais peut-être pas à la sagesse...) avec les bases de données, les logiciels de traduction, l'interconnexion de tous les êtres humains ; choisir sa descendance avec le génie génétique, etc.

De telles promesses de la science et des techniques ne sont pas nouvelles. Elles abreuvent la littérature de vulgarisation scientifique et les œuvres de science-fiction depuis le XIXe siècle. Ce qui est éventuellement nouveau, c'est le fait que désormais la science nous promet également de réparer les dégâts environnementaux qu'elle a générés : on va « soigner » la planète, tout en conquérant l'univers. Vaste programme !

Indéniablement, les progrès exponentiels réalisés dans de nombreux domaines rendent certaines possibilités assez crédibles, mais seulement à condition de ne pas prendre en compte

l'ensemble des facteurs limitants qui ont été exposés précédemment. Quoi qu'il arrive, tout cela restera du bricolage par rapport à la complexité du monde qui nous entoure.

Une araignée interrompue pendant qu'elle tisse sa toile est incapable de la terminer, ou de reprendre le travail en cours sur une toile déjà commencée. Elle ne peut que la construire de A à Z, elle est une sorte d'« automate génétique » : l'ensemble de ses comportements est « pré-câblé » d'origine. C'est vrai de nombreux animaux plus « évolués » que les invertébrés, comme le saumon qui rejoint sa rivière de naissance, ou le martinet noir, dont les parents ont entamé leur migration sans l'attendre, qui s'envole pour la première fois — il ne se posera la prochaine fois que deux ans et demi plus tard, lorsqu'il nichera lui-même — et se lance presque immédiatement dans un trajet de 6 000 à 8 000 km pour rejoindre le sud de l'Afrique !

Comment sont enregistrés, dans tous ces brins d'ADN, des comportements d'une telle complexité ? Réapprenons à la science l'humilité ! Quels que soient les progrès de la biologie moléculaire, et même si la fameuse loi de Moore en informatique se poursuit, nous ne serons *jamais* capables de découvrir, de modéliser, de comprendre comment un ensemble de liaisons chimiques sur des macromolécules permet d'aboutir au codage de la fabrication d'une toile d'araignée, soit le travail de centaines de millions d'années d'évolution. Avec les progrès récents des calculs et du stockage de données, l'émergence du *big data*, les foultitudes de données sont rapprochées pour établir des corrélations statistiques (qui peuvent se révéler fort utiles, certes), mais pas des relations de cause à effet. On constate, on ne démontre pas.

Que nous reste-t-il alors, si l'on est trop darwinien pour se jeter dans les bras de la religion qui apporte des réponses simples aux mystères de l'araignée ? Accepter que l'on n'ait pas réponse à tout. Contempler les martinets qui passent... et se réapproprier la dimension poétique et philosophique du monde, puisque si la science ne peut le faire, seules la poésie et la philosophie peuvent nous aider à décrire et appréhender la réalité qui nous entoure. Deux matières qui formaient une part essentielle de l'enseignement chez les anciens, et sont bien trop négligées aujourd'hui.

On ne peut pas tout maîtriser, et cela sera vrai aussi d'une transition vers un monde de basses technologies. La route n'est pas claire, tout est désormais si embrouillé, si « systémique » avec des boucles de rétroactions positives ou négatives, qu'il est inutile de dérouler un plan construit d'avance, puisque au mieux, rien ne se déroulera tout à fait comme prévu. Comme dans le brouillard par mer agitée, avec une boussole imprécise, on peut se donner une idée de la direction des côtes dangereuses à éviter, et essayer de garder un cap avec quelques objectifs

clairs. On pourra ainsi utilement retenir nos sept principes (figure 12), mais on pourrait sûrement en trouver deux ou trois de plus pour les amateurs des Dix Commandements.

1	**Remettre en cause les besoins**	⇨ *Pourquoi s'essuyer, tu t'interrogeras*
2	**Concevoir et produire réellement durable**	⇨ *À faire simple et durable, tu chercheras* *Que tout a un impact, tu te souviendras*
3	**Orienter le savoir vers l'économie de ressources**	⇨ *Du bon côté, tu chercheras et transmettras* *Des savoirs ancestraux, aussi tu t'inspireras*
4	**Rechercher l'équilibre entre performance et convivialité**	⇨ *Moins performant, tu concevras* *De ce qui est moins beau ou neuf, tu te contenteras*
5	**Relocaliser sans perdre les bons effets d'échelle**	⇨ *Avec finesse, au bon niveau, tu relocaliseras*
6	**Démachiniser les services**	⇨ *L'homme par la machine,* *précautionneusement tu remplaceras*
7	**Savoir rester modeste**	⇨ *Devant la complexité de la nature, tu t'émerveilleras*

Figure 12 - Les « sept commandements » des *low tech*

Acte III : La vie quotidienne au temps des basses tehnologies

[171]Il est temps maintenant d'esquisser ce que pourrait donner l'application de ces principes vertueux à nos besoins quotidiens, sans présumer encore de leur faisabilité politique, économique, sociale ou culturelle.

De grâce, ne vous emportez pas à la lecture des pages qui vont suivre, face à l'utopie, l'irréalisme, l'irresponsabilité même de mesurettes ou de changements plus structurels, forcément dérangeants, tellements opposés aux tendances actuelles et aux fondamentaux culturels, si destructeurs d'emplois, évidemment impossibles à mettre en œuvre dans un contexte de compétition mondiale. Nous aborderons ces questions, bien entendu cruciales, dans l'acte IV.

Il ne s'agit pas non plus, à ce stade, de décrire précisément les conditions et les leviers d'une transformation, de spéculer sur le rôle qu'y pourraient tenir les différentes forces en présence, politiques, sociales, associatives, de lister des mesures concrètes à prendre ou des lois à voter, ou pire, de chiffrer des coûts et bénéfices de telle ou telle évolution. Le temps n'est pas encore venu pour cela. Attachons-nous déjà à décrire ce qu'il serait nécessaire de changer et les orientations générales qui pourraient ou devraient être retenues. Voyons déjà *à peu près vers où* nous devrions aller avant de savoir *comment* y aller ; essayons d'acquérir quelques convictions. Les mesures politiques, fiscales, réglementaires, diplomatiques, etc., ou les implications culturelles et morales suivront plus facilement, en n'oubliant pas les leçons du passé, à savoir que la fin ne justifie pas tous les moyens.

Pour l'instant, imaginons, par pure hypothèse, que nous puissions trouver une voie pour inverser les tendances mortifères en cours, et plongeons-nous un instant dans la vie quotidienne au temps des basses technologies. Comment pourrions-nous, devrions-nous nous nourrir, nous déplacer, nous loger, communiquer, payer, « consommer », en bref, vivre ?

Agriculture et agroalimentaire

Commençons par la nourriture, car, d'une part, nous avons vu que nourrir la population mondiale en expansion n'allait pas être simple et, d'autre part, une fois que l'on a le ventre plein, la nature humaine est ainsi faite que l'on aborde à peu près tout le reste avec une plus grande sérénité. Selon le vieil adage, trois repas seulement séparent une société du chaos.

Les enjeux

Dans les activités « amont » de production (agriculture, élevage, pêche), il nous faudra être capable de nourrir l'humanité dans les décennies à venir, mais sans entamer les capacités à se nourrir pour les prochains siècles. Tout cela si possible en produisant des aliments de qualité, bénéfiques pour la santé, et en réduisant l'impact environnemental des activités agricoles, notamment en évitant de trop dévaster les derniers espaces naturels (actuellement transformés à grande vitesse en terres arables pour compenser l'épuisement des sols) et agricoles (réduits à des déserts biologiques via l'utilisation abusive des pesticides). Il s'agira donc de réussir à maintenir pour l'essentiel ou améliorer les rendements surfaciques, tout en diminuant les besoins en intrants : engrais de synthèse (nitrates) ou issus de l'exploitation minière (phosphates et potasses) et pesticides (herbicides, insecticides, fongicides...). Dans les activités « aval » des filières de transformation et de distribution, il faut réduire la quantité de transports, d'emballages et de déchets générés.

Soyons clairs, on n'en prend pas vraiment le chemin, que ce soit au niveau mondial ou national. La consommation annuelle mondiale de pesticides est ainsi passée, entre 1945 et 2007, de 0,05 à 2,5 millions de tonnes, pendant que dans la même période la toxicité des produits utilisés a elle-même été multipliée par un facteur 10 (soit un besoin d'une quantité dix fois moindre pour obtenir le même effet) ! Il existe aujourd'hui plus de neuf cents substances actives répertoriées, et de quinze à vingt s'y ajoutent chaque année, ce qui rend inenvisageable toute étude sérieuse prenant en compte la combinatoire d'effets entre produits. L'Europe est championne du monde — 3,9 kg par hectare et par an (kg/ha/an) pour une moyenne mondiale de 1,5 kg/ha/an — et la France championne d'Europe à 4,5 kg/ha/an. Ce qui s'explique en partie par une longue tradition viticole — un quart des pesticides est épandu sur la vigne française, culture très sensible aux maladies et aux agressions.

La consommation d'engrais augmente aussi au niveau mondial (de 30 à 170 millions de tonnes entre le début des années 1960 et aujourd'hui), car la surface de terres agricoles amendées se développe, même si le poids à l'hectare (110 kg/ha/an en moyenne) a plutôt tendance à stagner ou diminuer grâce à une utilisation plus rationnelle et économique, du fait d'une meilleure compréhension de la composition et de la dynamique des sols.

Productivité et rendement agricoles

Faisons d'abord une mise au point, car on met souvent derrière l'augmentation de la productivité agricole un peu de tout, de la révolution verte à la baisse du nombre d'agriculteurs en passant par les bienfaits de la mécanisation. Or il ne faut surtout pas confondre le rendement et la productivité (figure 13).

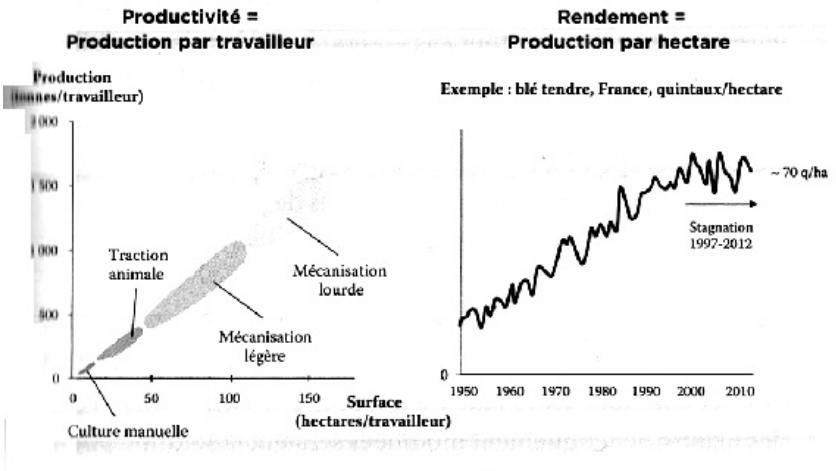


Figure 13 - Ne pas confondre productivité et rendement agricoles
(Sources : Productivité : Mazoyer & Roudart, *Histoire des agricultures du monde* ; Rendements : GNIS.)

Le rendement agricole, c'est la production par hectare. [175]Celui-ci dépend de la nature des sols et des climats, et en premier lieu de l'espèce cultivée. Il peut augmenter grâce à la sélection des variétés, aux méthodes de culture, à l'utilisation d'engrais pour favoriser la pousse, de pesticides pour réduire les pertes.

La productivité agricole, c'est la production par travailleur. Celle-ci dépend de la surface que peut cultiver un travailleur, multipliée par la production par unité de surface, c'est-à-dire le rendement. À rendement constant, la productivité augmente en passant de la culture manuelle à la traction animale, puis à la mécanisation, qui permet de cultiver toujours plus d'hectares

avec moins de monde.

Lorsque l'on parlera de coût de revient, de prix, de compétitivité de notre agriculture dans un système mondialisé, c'est la productivité qui nous intéressera. Mais si l'on veut nourrir la planète, quel que soit le nombre de bras mis au travail pour cela, c'est bien de rendement surfacique qu'il faut parler.

Et justement, la productivité continue à augmenter, tant dans les pays « développés » que dans les pays « émergents », par une mécanisation toujours plus lourde (tracteurs et engins plus puissants et plus sophistiqués, guidages GPS) et par l'augmentation de la taille des parcelles, et, globalement, des exploitations agricoles toujours moins nombreuses. Tandis que le rendement par hectare, lui, commence à stagner pour certaines cultures, voir l'exemple du blé tendre en France depuis une quinzaine d'années. Le « miracle » de l'agriculture des dernières années — en tout cas en France — c'est de produire à peu près la même quantité avec moins de personnel, c'est tout. Mais cela au prix de déboires environnementaux (algues vertes, sols épuisés, déforestations tropicales...) et sociétaux (désertification des campagnes, suicides de paysans, augmentation du chômage...).

Les fausses promesses des OGM

À entendre leurs laudateurs, souvent bien rémunérés, les plantes génétiquement modifiées seraient la solution pour nourrir la planète affamée tout en réduisant l'impact environnemental. Elles seraient même incontournables pour faire face au défi qui nous attend, à savoir augmenter la production alimentaire d'un facteur 1,5 à 2 ou plus, en fonction des trois paramètres population/régime alimentaire/niveau de consommation. Ainsi, elles réduiraient l'utilisation de pesticides (en produisant leurs propres molécules de lutte contre les maladies ou les parasites), augmenteraient les rendements, permettraient d'exploiter des terres agricoles plus pauvres, ou plus arides, délaissées aujourd'hui, et même pourraient améliorer les capacités nutritionnelles des plantes.

Diantre ! Examinons de plus près ces promesses. Passons rapidement sur le riz doré riche en vitamine A, mais dont il faudrait absorber plusieurs kilogrammes par jour pour obtenir la dose recommandée. Quelles sont les cultures actuelles d'OGM dans le monde ? (figure 14) Il

s'agit exclusivement de différentes variétés de soja, maïs, coton et colza, qui soit sont résistantes à l'épandage d'herbicides (les fameux *Roundup Ready* de Monsanto), soit possèdent le gène Bt qui leur permet de synthétiser leur propre insecticide, soit combinent les deux caractéristiques.

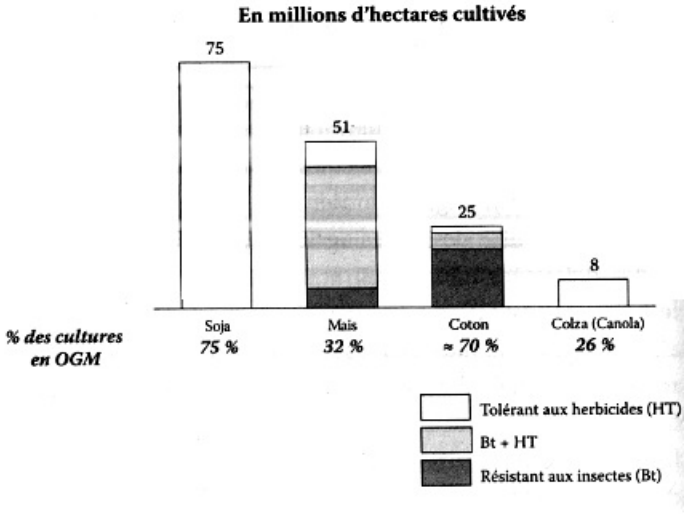


Figure 14 - Les cultures OGM en 2011 dans le monde
(Source : ISAAA [chiffres potentiellement un peu surestimés].)

Sans doute le gène Bt permet-il de réduire l'utilisation d'insecticides, mais sûrement pas de les supprimer. Le coton est ainsi une culture très fragile nécessitant au moins douze traitements par an pour lutter contre les larves de lépidoptères. Le coton Bt permet de réduire ces traitements de 20 à 30%, au mieux. Quant aux variétés tolérantes aux herbicides, elles sont, par définition, faites pour utiliser les herbicides systémiques à grande échelle, et on constate, dans les pays qui ont adopté les cultures OGM, une *augmentation* de l'utilisation d'herbicides, qui pourrait s'aggraver encore avec l'apparition de mauvaises herbes résistantes au Roundup.

Enfin, les OGM n'augmentent pas les rendements à l'hectare. Tout au plus peuvent-ils améliorer la productivité (en travail humain) en réduisant le nombre de passages pour traiter, donc le nombre d'heures de travail à consacrer à une surface de culture donnée. Et peut-être un rendement meilleur qu'une surface non traitée qui subirait des pertes de récolte, mais pas parce que «ça pousse mieux ». Quant aux variétés OGM qui pourraient pousser dans les zones arides, aucune n'a fait ses preuves à ce jour, alors que ces caractéristiques (résistance à la sécheresse ou aux inondations, adaptation aux climats locaux, résistance à certains ravageurs...) existent souvent déjà dans les très nombreuses variétés traditionnelles, non OGM.

Les OGM ne sont donc pas une réponse aux problèmes d'une planète affamée, mais une technique — bien hasardeuse, compte tenu des risques potentiels identifiés — pour produire la même quantité, ou peu s'en faut, mais avec moins de monde, en remplaçant du travail humain par des machines et des productions de produits chimiques difficilement biodégradables.

Quelles orientations ?

Si l'on prend un peu de recul sur le système actuel, la solution à tous nos maux apparaîtra d'une simplicité biblique. Dans la course aux effets d'échelle (en appliquant les méthodes de l'industrie) et à la productivité (en travail humain), on se retrouve, sur notre territoire, avec des activités toujours plus scindées.

D'un côté, des grandes cultures (céréalières, fruitières, etc.), dont les parcelles, toujours plus grandes pour une mécanisation toujours plus lourde, sont exploitées en monoculture, multipliant les risques d'attaques de ravageurs et donc les traitements pesticides, préventifs ou curatifs, nécessaires. Les sols sur-traités biologiquement morts (disparition de la microfaune, des champignons, des bactéries...) sont plus sensibles [180]à l'épuisement en oligo-éléments et à l'érosion hydrique et éolienne.

De l'autre côté, des élevages industriels concentrationnaires, usines *high tech* à poussins, porcheries industrielles, salles de traite robotisées pour les vaches laitières, veaux « sous la mère » élevés sur caillebotis, etc., qui interpellent notre rapport aux êtres vivants[31], et dont les effluents sont naturellement impossibles à gérer puisque disproportionnés avec les surfaces d'épandage possibles — et que l'on ne me parle pas de biogaz qui ne peut être qu'un pis-aller. De tels élevages augmentent les risques à tous les points de vue : utilisation massive d'antibiotiques pour lutter contre les épidémies qui ne peuvent que survenir, fragilité génétique par appauvrissement dû à la sélection à outrance (races bovines à viande ou à lait dont l'ensemble du cheptel est issu de quelques mâles reproducteurs seulement, reines sélectionnées chez les abeilles...), risques sanitaires et difficultés de traçabilité, dépendance et exposition économique aux importations de soja pour fournir les protéines en complément du maïs...

La solution est donc d'accepter de baisser la productivité (horaire) agricole en réduisant la taille des parcelles, tout en mélangeant à nouveau, comme cela a été le cas depuis toujours à l'exception des quelques dernières décennies, des activités de culture et d'élevage de taille moyenne. Bref, pour simplifier, « c'était mieux avant », quand chaque foyer avait quelques poules pondeuses, et que le lait avait un goût différent entre l'hiver et l'été (conséquence du changement de régime alimentaire des vaches, de la stabulation à la pâture) !

D'ailleurs, quand on parle de baisser la productivité agricole, attention à ce que l'on compare. Car, à la productivité agricole actuelle (tant d'« exploitants agricoles » produisant tant de tonnes), il faudrait ajouter l'ensemble des emplois nécessaires pour faire tourner le système : agroalimentaire, industries, transports, infrastructures. La productivité réelle n'est donc pas forcément si brillante, c'est la proportion entre emplois directs et indirects qui a évolué. Il y a aujourd'hui un emploi agroalimentaire pour un emploi agricole.

Passer à de plus petites parcelles permettrait le retour à la terre, sans problème de surplus, des effluents animaux comme engrais, qui viendraient en partie en substitution des engrais de synthèse. Le développement des linéaires de haies, des bosquets, des arbres, permettrait d'abriter les petits prédateurs, notamment les oiseaux, ce qui, combiné à la rotation annuelle des cultures et à la polyculture, réduirait les risques de maladies, d'attaques de ravageurs, de pertes, et donc les traitements pesticides à rendement égal. La fertilité des sols pourrait être reconstituée de manière naturelle, avec l'alternance par exemple de céréales et de légumineuses. Les petites exploitations aideraient à maintenir la diversité des variétés et des races, la diversité génétique, et créeraient plus de valeur ajoutée, plus d'emplois par hectare cultivé, permettant de lutter contre le chômage et la désertification des campagnes (cf. acte IV).

Accessoirement, nos paysages agricoles n'en seraient que plus beaux et plus agréables à vivre. Entre la Beauce et le bocage normand, on se rend vite compte de l'impact de nos modes de production... Le nombre d'exploitations agricoles est encore de 1,7 million en Italie, contre moins de 600000 en France, pour deux fois moins de surface agricole. Peut-être une partie du secret de la beauté des paysages toscans ?

Rassurez-vous, je ne propose pas le retour à la faucille et à la faux, avec la mobilisation de tous les bras disponibles chaque année au moment des moissons, bien que la pause estivale de notre école républicaine soit fondée sur cette base. Il est évident qu'il faut maintenir, au moins pour les grandes cultures, un certain niveau de mécanisation, compte tenu de la pénibilité des travaux des champs. Mais on pourrait intelligemment réduire la taille des parcelles sans empêcher le travail mécanique, en jouant sur des formes en « lanière » pour éviter au maximum les virages. La quantité de carburant consommée par les machines agricoles reste modérée au niveau global, et en privilégiant cet usage, nous aurons de quoi voir venir longtemps après le pic de pétrole.

Dans certains cas, « démécaniser » peut même augmenter le rendement surfacique : en maraîchage « biologique intensif » (où la récolte à la main permet de réduire l'espace entre les rangs de carottes, ou de faire pousser plusieurs légumes ensemble), en combinant les arbres

fruitiers avec la culture de légumes ou du petit élevage (des poules sous les pommiers, qui mangent les chenilles et réduisent en même temps les besoins de traitements), etc.

Utopique, infaisable ? S'il y a bien un domaine où nous aurions les moyens de changer, c'est celui-là ! Le montant des aides agricoles est tel, qu'il suffirait de les orienter de manière adéquate pour compenser le coût du travail humain, faciliter les installations, orienter les SAFER (sociétés d'aménagement foncier et d'établissement rural) vers le découpage de parcelles plutôt que vers leur concentration, préserver les terres agricoles près des villes... Idéalement, nous en profiterions pour faciliter la transition vers l'agriculture biologique, mais même le conventionnel ou le « raisonné » seraient largement moins consommateur d'intrants — et les produits finaux moins chargés en molécules cancérigènes — dans un tel système.

9 milliards et moi, et moi, et moi

J'entends les critiques fuser : « Malheureux, vous voulez affamer la planète, la France est un grenier à blé, exporte pour nourrir le monde. On ne peut généraliser le bio sans faire s'effondrer les rendements ». C'est à voir. Un tel système est plus intensif en main-d'œuvre, c'est un fait, mais le rendement surfacique, avec les bonnes variétés et les bonnes pratiques culturales, n'est pas forcément inférieur, et peut même être parfois largement supérieur.

En revanche, il est certain que cela conduirait à réduire en partie les importations (le soja transgénique brésilien ou argentin pour nourrir nos bestiaux) et les exportations (plus d'autoconsommation dans l'équilibre agriculture/élevage). Quand bien même on réduirait un peu les rendements moyens et donc la production globale, nous en avons largement « sous le pied ».

D'abord à cause des pertes effarantes dans les pays occidentaux, puisque l'on jette directement à la poubelle au moins un quart de notre production. Ces pertes sont liées aux contraintes sanitaires et marketing de la chaîne agroalimentaire et de la grande distribution (des offres promotionnelles aux dates de péremption anticipées), à la restauration collective à offres multiples, à certains aspects culturels (la baisse de la pratique du pain perdu ou des confitures).

Ensuite par « l'effet mix » entre les calories d'origine animale et végétale : vu qu'il faut de 4 à 12, voire 15 calories végétales pour « produire » 1 calorie animale (4 pour le poulet et 12 pour le bœuf, ce qui explique que l'on mange plutôt du poulet que du bœuf dans les pays pauvres, lorsque du moins on mange de la viande...), il est assez facile d'ajuster à la baisse la consommation globale de calories si nécessaire : schématiquement, en mangeant le maïs et le soja destiné aujourd'hui aux poules et aux vaches. Évidemment, ce n'est pas la tendance actuelle, avec l'émergence d'une classe moyenne mondiale, notamment en Chine et en Inde, qui tire à la hausse la part de la nourriture carnée.

Il en faudrait donc beaucoup avant que nous ayons [185]« collectivement faim » dans nos pays occidentaux, et nous pourrions accepter une certaine baisse des rendements, en commençant par finir correctement notre assiette, en réapprenant à ne pas gâcher, et en mangeant de la (bonne) viande ou du poisson plus raisonnablement, deux ou trois fois par semaine.

Pas de panique devant l'arrivée des prochains milliards d'humains, même s'il est naturellement souhaitable que la population augmente le moins possible, pour d'autres enjeux (énergie, urbanisation, transport...). Avec le régime carné d'un Etatsunien ou d'un Argentin, on ne pourrait pas vivre sur cette planète à plus de 2 milliards, mais avec celui d'un Bangladeshi, nous pourrions passer allègrement les 12 milliards. Pour autant, je ne suis pas emballé par le régime bangladeshi, difficilement compatible avec une vie « à l'occidentale » stressante, rythmée et donc friande de calories et sucres rapides : « L'homme ne peut vivre et travailler dans une société technicienne que s'il reçoit un certain nombre de satisfactions complémentaires qui lui permettent d'en surmonter les inconvénients. [...] la diversité de nourriture, la croissance de consommation d'azotés et de glucoses n'est pas une surcharge due à la gourmandise mais une réponse compensatoire aux dépenses nerveuses impliquées par cette vie technicisée »[32]. Ceux et celles qui s'autorisent un petit carré de chocolat (ou plus...) après une éprouvante journée de travail ne pourront que confirmer la justesse de cette affirmation. Le capitalisme le plus barbare du XIXe siècle aurait-il été possible sans les exportations des îles à sucre et les progrès de la chimie de la betterave ?

La délicate question du retour à la terre des nutriments

Avec l'élevage et l'agriculture répartis sur les mêmes territoires, on améliore grandement la question des engrais, qui peuvent redevenir majoritairement organiques : fumiers et déchets d'abattoir (os, corne, sang desséché) pour l'azote (N) et le phosphore (P), ou cendres pour le potassium (K)...

Cependant, le principe de Lavoisier étant toujours valable, il reste les nutriments présents dans les aliments que l'on prélève à la terre, et qu'il faut, à un moment ou à un autre, retourner — ce que l'on ne fait pas actuellement, d'où la compensation par des amendements de synthèse ou miniers. J'en arrive donc à la partie délicate du « programme », puisqu'il faudrait, idéalement, récupérer les précieux azote, phosphore et potassium dans les urines et matières fécales. Pour ces dernières, ce fut une longue habitude des paysans et maraîchers périurbains que de récolter goulûment, après passage intermédiaire par les « voiries », la « poudrette » issue des *excreta* urbains.

Disons que, sous nos latitudes, à peu près toutes les eaux usées passent par une station d'épuration, ou une fosse septique. Deux possibilités : soit on capte « à la source » (toilettes sèches en habitat individuel, récupération séparée des urines en habitat collectif, avec des exemples en Europe du Nord...), soit on récupère les boues en sortie de station d'épuration. Mais ces boues, dans le système actuel, sont fortement polluées : par les produits chimiques présents dans les eaux usées — cosmétiques, produits d'entretien, peintures, médicaments... — et par les polluants léchés sur les sols par les eaux de pluie, majoritairement en provenance des pots d'échappement et des pneus des véhicules. En réduisant à la source la pollution (produits ménagers et cosmétiques « bio », réduction très forte de l'utilisation des véhicules en ville), on pourrait réduire la pollution de ces boues, mais pas complètement sans doute, à cause de la pollution déjà présente sur tous les sols artificialisés, qui mettra longtemps à partir, ou ne partira pas du tout, quand c'est le bitume lui-même qui contient des métaux lourds.

Les réponses seront différentes dans les zones urbaines denses, les franges périurbaines ou à la campagne. Mais je sens déjà que vous vous pincez le nez et j'abandonné là la question. Un dernier mot cependant à ceux que les toilettes sèches dégoûteraient : on n'a pas tant que cela évolué par rapport au Moyen Âge dans notre système de gestion des eaux. On capte de l'eau potable dans les fleuves (en partie au moins, et le reste dans les nappes phréatiques) et on y rejette les eaux usées. La différence est qu'il y a maintenant un traitement après captage et un avant rejet. Mais l'aval des uns étant l'amont des autres, à moins d'habiter la montagne, on boit littéralement les eaux usées des camarades qui habitent en amont. On évite donc les dérangements intestinaux grâce au chlore, essentiellement. Est-ce tellement plus ragoûtant que

des toilettes sèches à la sciure ? Et n'en profitez pas pour vous précipiter sur l'eau en bouteille !

Et pour le vendredi ?

Le poisson est en voie d'épuisement et partout les stocks sont victimes de surpêche. Comme pour le rendement dans l'énergie, il y a un indicateur qui ne trompe pas : c'est la chute du CPUE, le *catch per unit effort*, qui indique que l'on utilise des bateaux toujours plus puissants, plus gros, plus équipés de hautes technologies (voir par exemple l'équipement sonar des thoniers-senneurs pour détecter et identifier les bancs), que l'on pêche toujours plus profond (on retrouve dans nos assiettes des poissons d'eaux profondes qui peuvent avoir jusqu'à cent trente ans d'âge), sans pour autant augmenter la quantité de prise mondiale. Elle est au contraire en stagnation ou légère baisse, à 95 millions de tonnes par an.

Heureusement, disent les optimistes béats, l'aquaculture se développe ! Elle serait la réponse à la pénurie de poisson et à l'effondrement des pêcheries dans le monde entier. Mais il y a un hic : nous mangeons des poissons plutôt carnivores, même des superprédateurs des océans, des bars, des thons, des espadons, des ailerons de requins, de « niveau trophique » 4 ou plus. Il faut donc 3 à 4 kg de poisson sauvage pour faire 1 kg de poisson d'élevage comme le saumon ou la daurade ! Et 20% des prises mondiales, joliment dénommées « poissons fourrage », comme les anchois péruviens, sont déjà consacrées à l'aquaculture... Il n'y a donc pas de miracle à attendre de ce côté-là (sauf en passant à des poissons végétariens, ce que font les Chinois avec leurs importants élevages de carpes) et il faudra faire « maigre ».

Du côté de la distribution et de la consommation

Les funestes aspects de la grande distribution sont connus : multiplication des emballages, consommation outrancière de surfaces (bâtiments, stationnements) et d'énergie (éclairage, chauffage, climatisation, réfrigération des linéaires), place de l'automobile, pression

sur les fournisseurs, éloignement des producteurs et besoins de transport... D'où la nécessité de revenir à des « circuits courts », aux commerces locaux, aux marchés, qui ont l'immense intérêt de n'occuper les surfaces qu'une toute petite partie du temps ; le reste du temps, on peut jouer à la pétanque ou organiser un bal dansant sur la même place.

Un système agricole basé sur des fermes et parcelles plus petites, avec une production fondée sur la polyculture, permettrait tout à fait ce type d'évolution : la polyculture réduit naturellement les besoins en transport (on a plus de facilités à produire un peu de tout alentour), même s'il sera toujours nécessaire d'un bassin agricole à un autre.

Pour ce faire, nous devrons nous discipliner, probablement par un mélange d'aspects culturels, réglementaires et incitatifs. Il faudra se modérer sur la consommation de produits hors saison. Il faudra accepter de payer (un peu) plus cher notre nourriture aux producteurs, en répartissant différemment les [190] marges entre producteurs et distributeurs (ce ne serait pas du luxe), mais aussi en dépensant davantage, en acceptant de payer plus pour une viande de qualité, mais en en mangeant moins souvent. L'évolution du « panier de la ménagère » depuis cinquante ans montre à quel point nous n'avons jamais aussi peu dépensé pour nous nourrir, mais avec une détérioration de la qualité des produits. Il faudra baisser nos exigences de diversité dans la restauration collective et les restaurants. Pour leur permettre de servir des plats de qualité, préparés et transformés sur place et pas seulement « mis en température », il faut réduire le nombre de plats proposés. Le plat le plus écologique est donc le plat du jour... comme dans l'ancien temps où l'on s'arrêtait à l'auberge et où le maître ou la maîtresse de maison vous servait céans la soupe, et pas un menu avec quinze plats différents, forcément surgelés ou industriels, avec force additifs.

On a — et on aura — les paysages agricoles et les paysans que nous méritons, ceux de nos choix alimentaires.

Transports et automobile

Les enjeux

« Laissée à elle-même, la bagnole finit par se détruire. Le temps que sa rapidité nous donne, elle nous le reprend aussitôt pour nous expédier ailleurs [...]. Elle nous mène à la campagne, mais bientôt, l'auto aidant, nous ne trouverons plus à cent kilomètres de voiture la baignade ou la verdure qui nous attendaient à cinq minutes de marche »[33].

Une phrase prophétique... Les mares à tritons de Nogent-sur-Marne[34] ou d'ailleurs ont disparu, au profit des viaducs, des autoroutes, des *no man's lands* entre bretelles de bitume. Il est clair désormais que la liberté créée par la mobilité individuelle motorisée est cher payée, du point de vue environnemental (émissions de gaz à effet de serre et de polluants, consommation de ressources, artificialisation des territoires...) comme sociétal (nuisances sonores, fragmentation des lieux de vie, impacts sanitaires...). Il n'existe et n'existera aucune source d'énergie ou de vecteur énergétique permettant d'offrir à l'ensemble de l'humanité la mobilité moyenne d'un Américain, ou même d'un Européen (et sûrement pas la voiture électrique). La consommation énergétique et métallique est telle que le *seul choix* est de sortir de la civilisation de la voiture, en tout cas au sens où l'on entend le mot « voiture », c'est-à-dire un objet de l'ordre d'une tonne transportant 80 kg de charge utile dans la plupart des cas. Pour l'instant, on n'en prend pas le chemin, avec un parc mondial de véhicules qui a passé le cap du milliard en 2010. Mécaniquement, le besoin généré en routes et parkings supplémentaires provoque la disparition de millions d'hectares de précieuses terres agricoles (notamment en Chine), souvent les plus riches car situées dans les zones en cours d'urbanisation dans les plaines et sur les côtes.

Jusqu'à quel point doit-on, peut-on remettre en cause la mobilité ? Comment maintenir une mobilité suffisante compte tenu des contraintes actuelles d'urbanisme ? Peut-on s'appuyer sur un développement massif des transports en commun ?

Le vélo, la vraie « voiture propre « !

Que peut-on faire sans voiture, sans transports collectifs de substitution, avec des besoins de mobilité toujours aussi importants (car les territoires n'ont pas eu le temps de s'adapter, de changer d'échelle), des usages contraints, comme le trajet domicile-travail, inchangés ? Il est probable que de plus en plus de nos concitoyens sont et seront amenés à se poser la question, car face à l'augmentation du prix des carburants, induite par le partage d'une ressource

contrainte entre des automobilistes plus nombreux, la précarité énergétique ne leur permettra pas de continuer comme aujourd'hui.

Première possibilité, renoncer au « superflu ». Partir moins loin en vacances, ou en week-end, être plus sélectif sur les sorties, etc. Très dure et frustrante, cette solution ne « rapporterait » d'ailleurs pas tant que ça. 15 % des déplacements sont générés pour les loisirs, et 85 % pour des raisons économiques : trajets domicile-travail, déplacements professionnels, courses, consultations chez le médecin...

Deuxième possibilité, qui s'attaque au 85 % : le covoiturage. Une mesure plutôt simple : certes il faut se mettre à parler à son voisin de lotissement, s'organiser un peu, attendre et perdre un peu de temps, accepter des contraintes en plus, mais, face à l'augmentation des prix et à l'appauvrissement, ou par conviction écologique, elle se pratique déjà. Sur Internet apparaissent des outils qui facilitent la mise en contact. Indéniablement très efficace, cette solution finira cependant par « plafonner » (peut-être 20 ou 30% de réduction de la consommation totale de carburants, ce qui est déjà énorme) et ne pourra donc être que temporaire.

Troisième possibilité plus radicale : enfourcher un vélo. C'est de loin le véhicule qui a le meilleur rendement énergétique, puisqu'il ne déplace que quelques kilogrammes en plus de la charge utile. Il a de plus l'avantage d'être extrêmement durable et réparable. Bien sûr, cela conviendra mieux au « bobo » qui habite à quelques kilomètres tout au plus de son travail, dans un centre-ville ou une proche banlieue huppée, qu'aux classes populaires, repoussées toujours plus loin, qui doivent parcourir chaque jour des dizaines de kilomètres, qu'il pleuve ou qu'il vente.

L'argument est valable, et on peut y répondre par quatre éléments. Premièrement, il ne s'agit que d'une suggestion de la direction à prendre, sachant qu'une tentative de statu quo, de maintien de la civilisation de la voiture, est vouée à un échec retentissant à plus ou moins long terme. Deuxièmement, il n'y a pas que les longs déplacements entre le domicile et le travail. Une grande partie est constituée de déplacements de moins de trois kilomètres : acheter le pain, aller chercher les enfants à l'école, accompagner le grand à l'école de musique ou la petite à son cours de danse... Moins de trois kilomètres, cela devient déjà plus simple, à condition de disposer de routes sûres — c'est le cas lorsque tout le monde se retrouve à vélo et pas en voiture ! — et d'outils adéquats : vélos avec paniers pour les courses, charrettes ou sièges pour les jeunes enfants ou des charges plus lourdes, etc. Notre pays a la chance, par son histoire territoriale, d'être encore assez bien concentré, en tout cas plus que les États-Unis, qui auront du mal à se passer de leurs pick-up, et sont donc prêts pour cela à massacrer paysages et sous-sol pour

pomper les derniers barils de pétrole de schiste. Mais après tout chacun sa croix.

Troisièmement, des progrès techniques énormes — mais de basse technologie — ont été faits, comme les vélos à assistance électrique, les vélos pliables utilisables en complément des transports en commun, les vélos « couchés » qui permettent de parcourir de grandes distances avec une dépense énergétique bien moindre et évitent le mal de dos... Quatrièmement, revenons sur la notion de « vitesse généralisée » d'Ivan Illich[35]. En prenant en compte la vitesse moyenne, on va un peu plus vite en voiture qu'à vélo (disons 30 à 50 km/h contre 10 km/h). Mais si l'on ajoute le temps de travail qui a été nécessaire pour se payer le moyen de locomotion (achat initial puis carburant, assurance, entretien...), on peut calculer une sorte de vitesse généralisée, et le vélo repasse alors en tête, car son coût est modique.

Bien sûr, tout cela est un peu virtuel, car on voit mal quelqu'un qui passe une heure par jour dans sa voiture et neuf heures au travail transformer sa journée en quatre heures de vélo et six heures au travail. Sans parler d'obtenir l'accord [195] de l'employeur, il serait peut-être difficile de tenir dans la durée en répétant une telle journée cinq fois par semaine, quarante-sept semaines par an, surtout si l'emploi est lui-même physique. Mais imaginons un instant qu'il soit possible de s'organiser un peu, de mieux répartir le temps de travail, de l'aménager, en parallèle de la baisse de nos besoins de consommation. Considérons la part du PIB qui est consacrée entièrement ou partiellement à la voiture et à son système technique associé.

Il y a d'abord les « fabricants » eux-mêmes : les constructeurs automobiles, les équipementiers, leur logistique, les équipements nécessaires pour construire et entretenir les usines (robots, machines), les producteurs de matières premières ou transformées : acier, aluminium, plastiques (polypropylène, polyesters...), caoutchouc artificiel, peintures, verre...

Il y a ensuite tout ce qui concerne les réseaux techniques et commerciaux, nécessaires ou associés : les concessionnaires, les garages, les casses, les décharges ; l'ensemble du système pétrolier, des puits aux stations-service (des milliers d'employés rien que pour vérifier la métrologie et entretenir les pompes de distribution), en passant par les plateformes, les pétroliers, les infrastructures portuaires, les raffineries, les pipelines ; les travaux publics et leurs machines, les parkings souterrains (avec l'acier, le ciment, le sable et les granulats...), les routes et toutes les sociétés d'entretien, le bitume, les glissières, les panneaux, les péages, les feux de signalisation, les peintures au sol ; l'ensemble des dépenses de publicité, avec leurs matières premières consommées comme les papiers et les encres dans les journaux, pour les affiches...

Il y a enfin toutes les activités induites, de contrôle, de régulation ou de gestion des

conséquences : les radars, les policiers et leurs moyens techniques, les fabricants d'alcootests, les hôpitaux, les chirurgiens, les infirmiers, les kinésithérapeutes, les juges, les assurances, avec leurs immeubles et leurs ascenseurs ; l'administration (cartes grises, autrefois vignettes...); le ravalement régulier d'immeubles noircis, le traitement des eaux polluées (bassins d'orages) et, à terme, le coût du changement climatique ; sans compter une partie des forces armées, avec leur propre système technique, pour sécuriser nos approvisionnements pétroliers ou métalliques...

Combien tout cela fait-il d'emplois qui dépendent exclusivement de la voiture ? Deux approches seraient possibles pour trouver le résultat. Soit repartir de la dépense moyenne par ménage, mais cette approche conduirait à sous-estimer une grande partie du système (tout ce qui passe par les impôts et qui vient nourrir le budget des collectivités locales, des ministères de l'Équipement, de la Santé, de la Justice, de la Défense, de l'industrie...) et ne tient pas compte de l'intensité en main-d'œuvre de chaque secteur économique (1 € de valeur ajoutée dans une raffinerie et 1 € dans une compagnie d'assurances ne créent pas forcément la même quantité d'emplois). Soit déterminer un pourcentage approximatif des emplois alloués à la voiture, secteur par secteur, une étude de longue haleine.

Je dirais au bas mot que tout cela représente 30 à 40% de l'ensemble du système. Ce qui veut dire (compte tenu du nombre de chômeurs) que, si nous étions capables de partager correctement le temps de travail, et une fois notre pays débarrassé de la voiture, il ne resterait que deux à trois jours de travail par semaine, juste en économisant le travail généré par notre actuelle liberté motorisée (cf. acte IV).

Personnellement, j'achète tout de suite, et voilà mon programme personnel : lundi matin, j'enfourché mon vélo, quels que soient le nombre de kilomètres à parcourir, la saison et la météo... Je passe le lundi soir sur un lit de camp dans un coin de bureau et je rentre chez moi le mardi soir pour entamer mon week-end de cinq jours ! Tout cela sans même toucher, à court terme, l'urbanisme et le zonage actuel entre activités et logement. L'urbanisme serait amené ensuite à évoluer progressivement pour s'adapter aux nouveaux schémas de transport.

Bien sûr, mon calcul est un peu fallacieux, car une partie du système routier serait encore nécessaire pour d'autres besoins que la voiture : les vélos et les bus pour circuler, ou les camions pour transporter la nourriture et la production non « relocalisée ». Il leur faudrait toujours un peu de bitume, c'est vrai. Mais c'est aussi le nombre qui crée le besoin d'infrastructures toujours plus compliquées : des voies supplémentaires, séparées par des glissières ; des échangeurs, des feux, des ronds-points, au lieu de simples cédez-le-passage, etc. Beaucoup moins nombreux, nos quelques camions pourraient emprunter les routes existantes, quitte même à en laisser dépérir

quelques-unes. Une partie de l'espace public urbain et périurbain reviendrait aux piétons et à la verdure.

Bien sûr, mon week-end de cinq jours est un brin optimiste, car il y a fort à parier que ma femme, elle, devrait travailler du jeudi au vendredi ou du vendredi au samedi ! Car, évidemment, si l'on partage le temps de travail, c'est pour partager l'appareil de production, pas pour tous travailler en même temps, sinon plus grand-chose ne fonctionnerait le reste de la semaine. Mais qu'importe ! Cela nous ferait quand même ensemble plus de temps qu'aujourd'hui... Tout cela est donc un peu caricatural, j'en conviens, mais le but de cette « démonstration » n'est pas d'inventer la solution idéale, mais de montrer qu'il serait possible, sans grande évolution territoriale préalable, de répartir différemment notre temps entre trajets, travail « externe » (salarié notamment) et travail « au foyer », basé sur plus de temps libre, pour cultiver son jardin potager, préparer soi-même le dentifrice du mois prochain, ou les confitures de l'année...

Bon, admettons qu'il restera quelques voitures, au moins dans les premiers temps. Pas pour transporter nos ministres (qu'ils se déplacent comme tout le monde, ça les changera), mais pour les ambulances, les déplacements un peu plus longs, les personnes âgées ou à mobilité réduite. Il faut alors changer radicalement d'objet. Prendre des « pots de yaourt » ou des « scooters-voitures », encore plus petites et légères que nos regrettées 2 CV ou 4 L, très légères, increvables, construites en acier bas de gamme ou résine, à la motorisation faible (40 à 60 km/h de vitesse maximale), sans gadgets, sans confort ni système sophistiqué de sécurité (moins c'est sûr, moins j'ai envie d'aller vite). Avec un tel engin, on ferait déjà de grands progrès : moins d'un litre au 100 km, ressources moindres et recyclables, cohabitation facilitée avec les vélos (différentiel de vitesse faible), bruit réduit... et une mobilité moins grande qu'aujourd'hui, mais quand même intéressante pour les plus réfractaires au vélo, et restant formidablement supérieure à tout ce qu'a connu l'humanité à part les deux ou trois dernières générations.

Transports collectifs. Ceux qui m'aiment baisseront la vitesse du train

C'est fort navrant, mais l'énergie totale consommée dépend en gros de trois paramètres : distance parcourue, masse transportée et vitesse. Il n'y a donc pas trente-six moyens de réduire

notre empreinte : baisser la vitesse, réduire la masse et, *in fine*, réduire la distance, c'est-à-dire rendre, au fur et à mesure et tout en adaptant notre économie, les transports individuels motorisés de plus en plus longs et pénibles.

Et les transports collectifs alors ? Ne sont-ils pas beaucoup plus écologiques ? Certes, le train, le tramway, le métro ou le bus sont plus efficaces, à condition toutefois d'assurer un remplissage correct. Mais il convient de distinguer leurs caractéristiques fort différentes.

Bien que leur image soit moins « verte », les bus sont [200] probablement le système de loin le plus écologique et soutenable, même s'il est dur de s'en convaincre de derrière leurs pots d'échappement. Faible dépense d'infrastructure, souplesse d'adaptation aux conditions et routes changeantes, contenu technologique minimaliste et matériel roulant robuste, maintenance simple. Les tramways partagent en partie ces caractéristiques, car une fois le premier investissement d'infrastructure réalisé, la vitesse faible ne sollicite pas trop le matériel ni la voie, même si le contenu « technologique » des nouveaux modèles pourrait être revu à la baisse sans trop d'inconfort (exemple des systèmes d'affichage).

Les métros et les trains régionaux, à vitesse moyenne, sollicitent bien plus l'infrastructure et les dépenses de maintenance (en travail, en énergie, en matériaux) sont largement supérieures. Ils sont plus fragiles, nécessitent des systèmes perfectionnés et informatisés pour la gestion de la sécurité, s'appuient sur des réseaux de moyens techniques : intervention rapide de techniciens sur site, gestion des stocks de pièces détachées... Ces caractéristiques atteignent leur paroxysme dans le cas des trains longue distance, à grande vitesse, car les contraintes, pour maintenir la voie admissible à 300 km/h ou plus, augmentent de manière exponentielle, les marges de tolérance, elles, baissant en proportion.

Les transports collectifs peuvent être une réponse à la disparition progressive des voitures, mais partielle. Pour les trains, la saturation du réseau existant intervient très vite, et il sera difficile de rouvrir les lignes locales abandonnées, car l'urbanisation a progressé depuis. On a déjà du mal à faire cohabiter trains de passagers, trains de fret et maintenance du réseau. Les bus peuvent y participer car c'est un système simple et peu coûteux, qui est pour cette raison même le seul qui fonctionne à peu près dans les pays pauvres. Quant aux trains à grande vitesse, l'énergie dépensée augmentant au carré de la vitesse, il suffirait de baisser la vitesse commerciale — aujourd'hui positionnée pour concurrencer l'aérien, amené de toute manière à disparaître, au moins sur des distances inférieures à 1000 km — pour réduire drastiquement la dépense d'énergie, et du même coup les dépenses de maintenance. De toute manière il sera

sans doute difficile, dans un scénario de statu quo, de maintenir une telle vitesse commerciale, et celle-ci finira peut-être par baisser progressivement, pour économiser sur les dépenses d'entretien d'un réseau vieillissant, dans le cadre d'un système ferroviaire surendetté, tandis que la société en général vivra un certain « appauvrissement », une fois passé le pic des ressources.

Bâtiment et urbanisme

Les enjeux

Le secteur du bâtiment, des travaux publics et des infrastructures est terriblement consommateur en matériaux et en énergie. Quand il s'agit de produits à longue durée de vie, disons trente ans, la consommation en matériaux est *a priori* moins inacceptable que celle de la grande distribution, des produits de grande consommation, de l'automobile ou des nouvelles technologies, à l'obsolescence plus rapide. Ce n'est pas toujours vrai, car les bâtiments aussi subissent les tendances à l'accélération généralisée de la société : renouvellements toujours plus rapides des boutiques et des agences, changement des logos, des enseignes et des peintures au gré des fusions-acquisitions ou des *rebrandings* (changements de marques ou de codes marketing), reconfiguration des bâtiments pour accompagner des évolutions de fonction, dépense des budgets municipaux en rénovations urbaines « visibles » sur les trottoirs et les rues piétonnes...

La question de l'urbanisme et du cadre de vie est délicate. On peut chercher l'inspiration chez de nombreux et prestigieux utopistes, dans la lignée de Nicolas Ledoux et Charles Fourier, mais, quoi qu'il en soit, nous sommes désormais trop nombreux pour tous vivre dans la cité idéale ou en phalanstère et on ne pourra pas « transporter la ville à la campagne ».

On peut donc considérer quatre « macro-enjeux » pour ce secteur. Premièrement, réduire la quantité d'énergie consommée par le parc existant, c'est une évidence. Deuxièmement,

urgence absolue, arrêter l'artificialisation et le morcellement des territoires. Nous détruisons les derniers espaces naturels, réduisons chaque jour la capacité des générations futures à se nourrir, empêchons les espèces sauvages de cohabiter avec nous et de s'adapter au changement climatique. 1 % du territoire a ainsi disparu en dix ans ; à quoi ressemblera notre pays dans un siècle avec une telle folie, sachant que celle-ci se concentre sur les zones de plaines, les côtes, les meilleures terres agricoles ?

Troisièmement, inverser la tendance, toujours en cours, à rurbanisation et à la concentration : même si aujourd'hui on constate aussi des velléités de « retour à la campagne », il s'agit plutôt d'une périurbanisation. Il faut « désurbaniser », mais sans étaler. Les grands centres urbains sont trop consommateurs de ressources, car il y faut plus de transports, d'infrastructures... L'escalier en pierre y devient un escalator, le stop et le passage piétons un feu tricolore et une passerelle, la boutique un centre commercial, l'atelier une tour de bureaux. Cette désurbanisation ne devra pas se faire par étalement urbain — il ne s'agit pas de fuir la ville pour l'habitat pavillonnaire périurbain, dont on connaît la nocivité — mais par une renaissance, une redynamisation des villages et des bourgs, à une échelle qui permette un ancrage dans le territoire, des besoins de transport réduits mais une vie sociale suffisamment riche. Aux sceptiques, on rappellera que la densité de la population française atteignait au XIVe siècle, avant la grande peste, les disettes et la guerre de Cent Ans, la moitié de celle actuelle, soit 20 millions d'habitants pour 320000 km². Certes, avec moins de mètres carrés bâtis par personne, et quelques-unes couchaient certainement dans la paille avec les animaux de ferme.

Enfin, réduire drastiquement le volume de constructions, et surtout de constructions nouvelles, en se concentrant donc principalement sur des réutilisations et des réhabilitations.

Réduction des besoins

Ici aussi, nous en avons beaucoup sous le pied. Nous pourrions commencer par arrêter l'ensemble des (grands) travaux d'infrastructure : routes et autoroutes, aéroports, tunnels, canaux, viaducs, ponts, voies grande vitesse, nouvelles infrastructures portuaires. Apparemment, et c'est tant mieux, on en prend le chemin, plutôt pour des raisons économiques... Nous sommes déjà largement équipés, et puisque des vélos ou des « pots de yaourt » devraient à terme prendre

moins de place que la voiture sur les routes, l'investissement n'a aucun intérêt.

Il faut ensuite, au maximum, « faire avec l'existant » pour le bâti non résidentiel, trouver toutes les solutions pour ne pas bétonner ou bitumer un mètre carré supplémentaire : privilégier les réhabilitations, les sites existants, les friches industrielles ou commerciales, pour les nouvelles implantations (on pourra se référer par exemple à d'excellentes idées, comme celle d'installer des bureaux au-dessus des zones commerciales plutôt qu'au milieu de belles pelouses[36]) ; investir en priorité les endroits « moches » pour les activités économiques, pour privilégier et préserver essentiellement les lieux de vie en dehors du temps contraint du travail, à condition cependant que ce dernier soit moindre qu'aujourd'hui (cf. supra) ; réduire nos standards, nos normes, concernant les endroits purement utilitaires : pourquoi ne pas accepter des bureaux un peu moins esthétiques, un peu vieillots, aux murs bruts ou pas [205] récemment repeints, surtout si l'on y passe moins de temps ? Enfin, penser plus multifonctionnel, trop de bâtiments étant sous-utilisés : les églises servent bien, de temps en temps, de salles de concert, pas toujours pour de la musique sacrée. Ne peut-on généraliser ce type de partage, avec par exemple des salles de réunion qui, en semaine, pourraient être utilisées par des entreprises, et le week-end ou en soirée par des associations, des clubs sportifs ?

Reste ensuite le sujet du bâti résidentiel. On continue actuellement à construire à un rythme rapide — les associations de défense du droit au logement diront malgré tout trop lent — par la combinaison de trois effets.

D'abord, la population augmente, d'environ 0,5 % par an. Ce qui, au passage, est peu rappelé quand on nous parle des chiffres de la sacro-sainte croissance. En dessous de 0,5 % de croissance, le PIB *par habitant* décroît... D'où la nécessaire exhortation étatique à la natalité d'une part (allocations familiales et quotient familial), et le subtil pilotage de l'immigration d'autre part, ni trop fort ni trop faible (la première contribuant à peu près pour deux tiers à l'augmentation de population annuelle, la seconde pour l'autre tiers) : car la croissance du PIB n'étant déjà pas brillante avec quelque 300000 nouveaux habitants par an, on imagine ce que serait la situation sans eux.

Ensuite, le bâti résidentiel augmente plus vite que la population : le nombre de foyers (donc de logements) augmente, le nombre moyen de personnes par foyer baisse, et le nombre de mètres carrés par personne augmente. Il s'agit de la progression du « confort », de la surface de logement moyenne, mais aussi de l'impact de l'évolution sociétale : vieillissement de la population, atomisation de la société, taux de divorces, familles recomposées, célibat assumé ou

subi... Ces « nouvelles pratiques » familiales engendrent une pression accrue sur la consommation : augmentation de la surface de logement par foyer (une chambre chez chaque parent), équipement en double, transports entre les différents lieux de résidence... Mais il n'y a pas grand-chose à faire, car on ne va pas décréter qu'il faut s'aimer pour la vie, sous prétexte que c'est un comportement des plus écologiques !

Enfin, le taux de résidences secondaires et de logements vacants augmente (autour de 10 % avec 3 millions de logements concernés, contre 1,7 million en 1975). Ces logements utilisés pour les week-ends, les loisirs ou les vacances sont occupés trente nuits par an en moyenne. Bien sûr, tous ne seraient pas utilisables pour loger des foyers à l'année (pensons aux stations de ski), mais dans de nombreuses régions il faut construire des logements neufs alors qu'existent des maisons ou des appartements inoccupés.

Sur l'épineuse question démographique, contentons-nous d'un simple constat. Comme tout le reste, la population ne peut pas continuer d'augmenter *ad vitam aeternam*. À un moment ou à un autre, la population atteindra un pic ou un plateau, en tout cas sur cette planète ! Reste à savoir quand et dans quelles conditions. Indépendamment de la démographie, la surface par personne augmente. Peut-être est-il temps d'accepter (ou y serons-nous forcés, pour des raisons économiques ?) de se serrer un peu plus, surtout si l'on ne souhaite pas contraindre trop fortement le paramètre démographique ?

L'habitat partagé, qui permet de mutualiser certaines pièces de vie, peut offrir quelques pistes mais demande un engagement fort et sur la durée. Sinon, il faudra réapprendre la vertu des lits superposés dans les chambres d'enfants. Pénible, bien entendu, même si, encore une fois, il ne faut pas revenir très loin dans le passé pour retrouver des consommations bien inférieures, sans que le bonheur des générations précédentes en ait été entamé pour autant : on est passé du dortoir à la chambre d'étudiants pour le temps des études... Mais peut-être cette contrainte sur l'espace de vie intérieur pourrait-elle être compensée par un meilleur environnement à l'extérieur, qu'apporterait la sortie de la civilisation automobile mortifère ? Car l'espace public urbain a été ravagé, rendu insupportable, par le bruit, les gaz d'échappement, la poussière, la dangerosité... « Paris n'est plus ; ce n'est pas Hitler mais Renault qui l'a détruit »[37] ! Sans les voitures, l'espace public pourrait être réinvesti, pour les repas, les loisirs, les jeux d'enfants...

Il faudra enfin les mécanismes économiques et fiscaux adéquats pour que la contrainte sur les surfaces ne conduise pas à offrir une rente aux propriétaires, au détriment de locataires ayant toujours plus de mal à se loger. Peut-être en revoyant la fiscalité sur la location, la

politique des habitations à loyer modéré (on peut aujourd'hui conserver son logement de grande taille même quand les enfants sont partis), le patrimoine transmissible par héritage...

Éloge de la lenteur. Low tech = slow tech ?

Des grands ensembles des années 1960 aux bâtiments de bureaux les plus récents, en passant par les pavillons à bon marché, les bâtiments « modernes » ne sont pas toujours particulièrement beaux, et pour la plupart vieillissent très mal. Tandis que les bâtiments construits avant le XXe siècle prennent en général du cachet avec l'âge s'ils sont entretenus correctement, nos constructions actuelles rejoignent-elles, comme les objets, le monde du « jetable », à leur échelle, avec des ouvrages destinés à être remplacés tous les trente ou quarante ans au maximum, voire bien moins quand la spéculation sur le prix du terrain l'emporte, comme à Hong Kong ?

Sous la contrainte économique bien sûr (il faut faire vite et pas cher), les architectes et les maîtres d'ouvrage portent une lourde responsabilité : celle de cahiers des charges destructeurs (alors que des prescriptions « écologiques » sur les matériaux peuvent être faites facilement, par exemple sur le choix des bois pour privilégier des essences locales), celle de conceptions insipides qui se détériorent trop rapidement, celle de l'emploi de matériaux de qualité médiocre, celle d'un esthétisme des plus douteux dans de nombreux cas.

Ne pourrait-on pas prendre le temps de construire beau, sobre et durable, et, en s'inspirant de ce qu'il faut faire pour la consommation de viande, construire un peu moins mais des bâtiments de meilleure qualité, destinés à durer et à embellir les villes ?

Produits de consommation, sports et loisirs, tourisme

Les objets du quotidien

Nous avons déjà exposé quelques principes qui devraient régir la conception et la fabrication des objets de la vie courante, pour les rendre durables et réparables, économes en ressources et sobres en contenu polluant. Mieux vaut, *grosso modo*, le moulin à café de nos grands-parents associé à une bête cafetière italienne, que la machine à expresso dernier cri, électronique, en plastique et dispendieuse en capsules jetables. Cela devra sans doute passer par des aspects réglementaires de lutte contre l'obsolescence technique, avec des obligations de garantie et de gestion de fin de vie pour des objets comme le gros et le petit électroménager.

Là encore, la réduction des besoins à la source peut et doit être un levier majeur. Dans nos pays, le stock en place est énorme, dans des domaines aussi variés que les outils, le matériel de bricolage, les jouets, les livres... Pourquoi est-il nécessaire de fabriquer et vendre toujours autant, alors que certains produits sont en théorie presque inusables ? Certes, on peut casser une assiette, un verre, un manche de marteau ou de [210]pelle, on peut crever un ballon de football, on peut casser ou égarer un jouet, un livre s'use à force d'être lu. Mais les volumes de fabrication et de vente sont largement supérieurs à ce qui est nécessaire pour remplacer la casse ou la perte. Il se vend encore chaque année des milliers d'exemplaires du *Petit Prince*, de *L'Écume des jours* ou des *Misérables*, alors que le nombre déjà imprimé et disponible doit largement permettre à chacun de les découvrir ou de s'y replonger à l'envi, sans créer des listes d'attente dans les bibliothèques municipales. Il se vend environ 100 millions de couteaux « suisses » par an. On a fabriqué plus de 6 milliards de figurines Playmobil depuis leur création en 1974, soit trois ou quatre par enfant, et sans doute bien peu ont atterri dans les pays pauvres. Même si le plastique doit finir par jaunir un peu, il doit y en avoir assez en circulation pour que chaque enfant des pays riches puisse organiser une bataille navale avec l'équipage complet du bateau de pirates (pour les non-connaisseurs, un classique de la gamme). Que sont-ils donc devenus ? Les miens sont sagement thésaurisés chez mes parents... Notre propension à l'accumulation rend tous ces objets, marteaux, tournevis, porte-clés, pour partie indisponibles, rangés dans un tiroir de cuisine, un garage ou un grenier, jusqu'au déménagement ou la mort du propriétaire, où ils rejoignent alors décharge ou vide-grenier. Le monde s'écroulerait-il si l'on ne fabriquait plus de marteaux, mais seulement des manches ? Je serais curieux d'essayer.

Certains objets autrefois durables ont acquis le statut de produit jetable, comme les montres, les stylos, les mouchoirs... Plus de *35 millions* de montres sont distribuées chaque année en France, dont 12,5 millions payantes, le reste comme supports publicitaires, cadeaux d'entreprises, ou offertes avec des abonnements ! Il serait simple de s'en passer, de retrouver le goût du beau et du durable. Avons-nous vraiment besoin pour nos festivités institutionnelles

(goûters d'anniversaire, fêtes de l'école, pots de départ en retraite, et bien sûr Noël) des débauches d'accessoires *made in China*, des papiers cadeaux chatoyants aux ballons de baudruche, des langues de belle-mère et chapeaux pointus aux regrettables gobelets jetables ?

D'autres efforts mineurs pourraient être faits au quotidien. Depuis ma découverte du contenu chimique et/ou métallique des encres, je n'écris plus, sauf pour quelques papiers officiels, qu'avec un simple crayon à papier et je n'imprime plus en couleur. Et j'essaie — parfois sans succès — d'orienter ma progéniture vers les crayons de couleur ou les pastels plutôt que les feutres... Nous pourrions aussi gérer différemment l'usure de certains objets. J'enrage quand je dois me séparer d'une de mes chemises favorites, alors qu'autrefois on pouvait ne changer que le col et les manches usés. De telles pratiques émergent timidement, par exemple avec les têtes de brosses à dents...

Les produits d'hygiène, les cosmétiques

On a vu que, dans la cuisine et la salle de bains, la production locale de mélanges moins sophistiqués qu'aujourd'hui et la mise en place des circuits de production/ consommation courts permettraient d'éviter l'utilisation de nombreux produits chimiques. Même avant d'en arriver là — le temps que nos pharmaciens redeviennent apothicaires, se forment et prennent en main la production locale -, il serait simple de réduire notre consommation et les nuisances induites par ces produits consommables. À titre illustratif, prenons quelques exemples immédiatement applicables.

On peut utiliser un simple savon plutôt que du gel douche : on n'économise pas tous les produits chimiques détestables (les savons, même « bio » ou « écologiques », n'en sont pas exempts, loin de là), mais au moins l'emballage. On peut fabriquer, pour quelques usages simples, une partie des produits ménagers. La cendre de cheminée fonctionne très bien pour nettoyer les sols et même le linge (elle contient de la potasse, qui partage avec les phosphates et la soude les propriétés alcalines qui donnent la détergence). Il existe sur Internet plusieurs sites proposant des recettes avec de nombreuses variantes.

On peut lever un peu le pied sur le maquillage et les différentes crèmes. On n'a pas tellement évolué depuis que les dames employaient le sel de bismuth comme blanc de fard ou

l'oxyde d'antimoine noir pour le maquillage des paupières, tous deux des métaux lourds liés à la métallurgie du plomb. Prenez le temps de regarder les étiquettes et la composition, vous m'en direz des nouvelles. Et avec l'arrivée massive des nanoparticules, j'y regarderais à deux fois à votre place ! On peut abandonner la mousse à raser en bombe contre du simple savon (avec un peu d'huile éventuellement c'est même moins irritant), encore pour des questions d'emballage, et de gaz à effet de serre pour la propulsion de la mousse. Ou bien faire durer un peu plus les lames (ou repasser au coupe-chou), se raser un peu moins (un jour sur deux ou trois, la mode commence à se répandre) ou choisir d'être barbu.

Les sports et les divertissements

Comme toute activité utilisant des objets (matériel, vêtements, chaussures, balles...), chaque sport apporte son lot de déchets ou de nuisances potentiels. Au risque de me créer des inimitiés supplémentaires, il y a donc très certainement des sports plus polluants que d'autres : mieux vaut le yoga que le parachutisme ou la plongée sous-marine !

Sport	Surface approx. terrain (m^2)	Nombre de joueurs	m^2/joueur ***
Ping-pong	70	2 à 4	17 à 35
Basket-ball	400	10	40
Volley-ball *	480	12	40
Handball	900	14	64
Rugby à XV *	7 000	30	233
Tennis	600	2 à 4	150 à 300
Football *	6 500	22	295
Golf **	100 000	144	694

* En grisé, les sports ne nécessitant pas des terrains dédiés et artificialisés ; on peut imaginer de les pratiquer en plein champ, après les moissons, sur des prés après la fauche...
** Grossière estimation, sur la base d'un parcours 18 trous de 10 hectares, avec 8 joueurs maximum à chaque trou. N'étant pas pratiquant, je suis preneur de toute correction sur le sujet. Quoi qu'il en soit, on restera probablement bien au-delà de la table de ping-pong, surtout en double !
*** Pour bien faire, on devrait aussi tenir compte de la durée des parties !

Figure 15 - Kant appliqué aux sports de balle

À titre d'exemple, la simple consommation d'espace est un paramètre non négligeable. Dans les sports de balle (figure 15), il faudrait peut-être interdire le golf ou le bowling et encourager le ping-pong et le basket-ball ! C'est en tout cas ce que nous aurait conseillé Kant s'il avait appliqué son impératif catégorique (« Agis seulement d'après la maxime grâce à laquelle tu peux vouloir en même temps qu'elle devienne une loi universelle »[38]) aux activités sportives. En effet, nous serions mal partis si tout le monde voulait se mettre au golf (sa « démocratisation » a eu un impact indéniable sur la consommation d'espace, d'eau, de pesticides...), et nous aurions plutôt intérêt à nous mettre vite fait au ping-pong, ou au volley-

ball dans les prés après la fauche ! Sûrement, les sports de combat, le yoga ou la danse sont encore plus économes... Quant à l'énergie, il y aurait à dire sur les sports en salle (chauffée) ou les piscines, contre la possibilité d'une baignade — certes saisonnière — dans des rivières et des plans d'eau débarrassés de leurs pollutions agricole ou industrielle.

Quant au sport professionnel, sport « marchandise », il remplit trois fonctions : celle, avant tout, de support publicitaire, celle de divertissement, indéniablement réelle (dont il ne faut pas négliger l'intérêt pour la paix sociale, le pain et les jeux de Juvénal), celle, admettons, d'exemplarité et d'émulation de la compétition saine, pour apprendre à se surpasser, etc. La fonction publicitaire est naturellement à proscrire. Restent les fonctions de divertissement et d'émulation compétitive, [215]acceptables à condition d'en revoir l'échelle : tous ces stades toujours plus grands, aux éclairages plus forts pour mieux passer à la télévision, tous ces déplacements en avion, tant des joueurs professionnels que des spectateurs pour les grands événements, des coupes du monde aux jeux olympiques... Une telle débauche énergétique, liée à la « compétition longue distance », est inconcevable dans un monde plus sobre, car comment se restreindre d'un côté si la gabegie continue d'un autre ? Les rencontres entre équipes adverses, les compétitions, les concours sont donc acceptables s'ils sont plus locaux, entre équipes de villes proches, à la rigueur régionaux (à portée de vélo !), et exceptionnellement nationaux ou internationaux. La dimension du spectacle perdrait forcément en qualité, mais on y gagnerait sur la dimension de l'émulation, du plaisir participatif, avec des supporters et des joueurs qui se connaissent.

La facilité des moyens de transport et la mise en réseau de tous via Internet sont vues comme de formidables opportunités. Toutes deux ont permis une concentration sans précédent, dans tous les domaines du divertissement, sport, musique ou spectacle. Les stars de musique organisent des concerts de 100000 personnes, les stars de football ou les acteurs de cinéma, toujours plus regardés, gagnent des sommes indécentes. Une « dictature de la concentration » nous transforme en personnes spectatrices au lieu de personnes agissantes. On écoute de la musique sur son baladeur ou son téléphone, mais les gens chantent-ils plus souvent pour autant ? C'est loin d'être certain. Selon des statistiques optimistes, environ 10% de la population joue régulièrement d'un instrument de musique : pas de quoi s'extasier à l'heure de la « culture pour tous ». Ne pourrait-on pas absorber un peu moins de contenu et en produire un peu plus ? Aller moins au cinéma et faire plus de théâtre ? Télécharger moins de clips vidéo et faire plus de musique, multiplier les concerts, notamment de musique acoustique 100 % à base d'énergie renouvelable ?

Il est probable que la dictature de la concentration, la mise en réseau globale, crée autant de malheur que de bonheur, autant de frustrations que de rêves, autant de déceptions que de bonnes surprises. Prenons deux exemples. Dans le domaine marchand, Internet, avec les sites d'intermédiation, donne accès aux acheteurs et aux vendeurs potentiels à des opportunités quasiment illimitées. Mais, à l'inverse, la mise en concurrence généralisée empêche presque systématiquement de réaliser une « bonne affaire ». Là où, « autrefois », l'acheteur ou le vendeur pouvait réaliser une transaction sympathique (dénicher un objet à prix cassé, ou à l'inverse faire une bonne vente), le nombre presque infini d'acteurs sur Internet assure que l'objet trouvera exactement son prix de marché. C'est d'ailleurs la théorie économique qui le dit. Plus de mauvaise surprise ou d'arnaque, mais plus de bonne surprise non plus.

Dans le domaine des relations sociales, la mise en concurrence généralisée existe aussi. La compétition sexuelle, grâce à la facilité des transports et des échanges, s'est aussi accrue. Là où, « autrefois », il ne fallait « protéger » sa belle femme ou son beau mari que de la concupiscence du voisin ou de la voisine (et avec toutes les combinaisons qu'il vous plaira), aujourd'hui une belle fille ou un beau garçon sera repéré, si possible toujours plus jeune, par les agences de mannequins pour la ou le soustraire rapidement au marché local et la ou le destiner à créer des frustrations économiquement fructueuses sur l'ensemble du marché global.

Le tourisme et les voyages

Je vous épargnerai le couplet sur l'impact de l'avion ou des bateaux de croisière dont les hélices soulèvent des monceaux de sable et étouffent la fragile vie marine. Le tourisme, tel que pratiqué aujourd'hui, est souvent affreux, qu'il s'agisse du « tourisme TVA» (quatre jours de shopping à Dubaï où les montres de luxe sont tellement moins chères que ça rembourse le billet d'avion), du tourisme urbain introduit par l'arrivée des compagnies *low cost* (chouette, un week-end spa à Budapest), des ghettos des clubs de vacances ou même du tourisme « équitable », où l'on se déplace en avion mais où l'on pratique le tri sélectif pour compenser, et où l'on visite les parcs naturels tropicaux mais en se tartinant d'antimoustique ou de crème solaire pourtant fort dommageables pour la faune aquatique.

Seule solution : revenir à, ou inventer, un tourisme « qui se mérite ». Pour éviter le

bétonnage, et la faible occupation et utilisation des bâtiments et équipements, accepter les conditions de vie et la nourriture locales, le logement chez l'habitant ou en camping sommaire... On voit d'ailleurs apparaître d'excellentes pratiques comme la « location de canapé » ou les échanges de maisons, pour sûr le meilleur moyen de ne pas contribuer à l'étalement urbain avec ses vacances. Tout cela serait beaucoup moins « agréable », surtout moins confortable, d'autant plus difficile à supporter que l'on avance en âge et qu'il devient douloureux de coucher par terre. Eh bien, plutôt que ces norias d'avions et de bateaux qui vomissent des hordes de retraités, les voyages redeviendraient l'apanage de la jeunesse, qui pourrait y consacrer plus de temps, par exemple pendant les études ou entre deux emplois, pour voyager moins vite...

Les produits « de luxe »

Un mot enfin de la consommation ostentatoire des plus aisés. Difficile de la défendre dans une optique d'économie drastique de ressources, il n'y a qu'à voir la consommation en carburant des yachts de luxe — au bas mot 1000 à 1500 litres par heure pour un 45 mètres — sans compter sa fabrication (pas seulement la salle de bains en bois tropical précieux) et l'ensemble des infrastructures portuaires nécessaires à son accueil. Peut-être la dépense globale est-elle relativement limitée à l'échelle d'une société. C'est à voir, si l'on aligne yachts, hélicoptères, avions privés, voitures de course, matériaux de luxe, suites hôtelières ou piscines à jets d'eau télécommandés.

Ce qui est certain, c'est que cette consommation est d'une exemplarité mortifère, elle implique, en cascade, par imitation des différentes couches sociales, des envies à tous les niveaux[39]. Elle est donc inacceptable : au titre de la gabegie de ressources, pour le plaisir de quelques-uns seulement, au même moment où d'autres doivent se serrer la ceinture (mais j'ai peur qu'il n'y ait là rien de bien nouveau), mais aussi et surtout au titre de l'effet d'entraînement qu'elle a sur toute la société. Une société de basses technologies permettrait et nécessiterait, tout à la fois, une réduction des inégalités, qui ne peut que faire du bien à la planète. Outre certaines interdictions pures et simples, réduire cette consommation outrancière pourrait passer par la facturation à prix élevé, voire prohibitif, des usages abusifs, tandis que les besoins de base (premiers litres d'eau, premiers kWh) seraient à prix réduit.

J'entends déjà les objections : mais la filière du « luxe » est une de nos excellences françaises, créatrice d'emplois, d'excédent commercial ! Attention, d'abord, à ce dont on parle, car il y a luxe et luxe, et écartons d'abord les produits dont le « luxe » est avant tout une affaire de marketing bien rodé (disons les sacs à main...), qui n'ont rien de bien différent, donc, de nos produits de consommation du quotidien.

Les produits dont le luxe consiste à employer une main-d'œuvre plus importante que pour les produits équivalents manufacturés (haute couture, menuiserie de qualité...) n'ont *a priori* rien d'incompatible avec les principes que nous avons préalablement évoqués (part importante de la main-d'œuvre, conception de qualité et robuste), sauf peut-être leur obsolescence liée justement à leur caractère ostentatoire (la robe de soirée ou la paire de chaussures qui ne sera portée [220]qu'une ou deux fois). À l'inverse, il y a les produits inabordables dans un monde à basses technologies, par leur conception même mais surtout leur inutilité sociétale, des yachts aux limousines, en passant par les avions privés ou les fusées des (futurs) touristes de l'espace. De même, les produits basés sur la rareté (bijoux en métaux précieux, diamants, fourrures...) sont généralement fondés sur une exploitation dommageable pour l'environnement.

Certains emplois directs, donc, seraient bien menacés, comme dans notre filière d'excellence bretonne dans le yacht de taille intermédiaire. Sans compter les emplois indirects, grâce à ces mêmes yachts venant s'amarrer dans nos ports, des vigiles de discothèque branchée aux viticulteurs champenois... Mais avant de créer de l'emploi, cela crée du travail et de la consommation de ressources. Nous reviendrons sur la question de l'emploi (cf. acte IV). En attendant, que les yachts aillent s'amarrer ailleurs...

Apprendre à faire les bons choix

Sur une plus longue période, le fait de devoir baisser la consommation d'énergie et de matières premières nous obligera sûrement à certains arbitrages. Il faudra réfléchir au moyen de lutter contre les effets du temps, de conserver le meilleur de notre culture pour les générations futures. Récemment, notre croyance dans les supports numériques de longue durée a été mise à mal[40]. On sait maintenant qu'un support ne dure pas physiquement si longtemps, et en tout cas

pas plus que la durée des moyens techniques nécessaires pour le lire, machine ou logiciel : voir l'exemple des disquettes, des cassettes... Une bonne partie des milliards de photos numériques prises chaque année durera bien moins longtemps que la photo sépia de l'arrière-grand-père en uniforme.

Tout garder sera hors de portée, compte tenu de notre disponibilité énergétique. Dans l'Antiquité et au Moyen Âge, jusqu'à Johannes Gutenberg, les copistes, qui ne pouvaient tout recopier par manque de temps, de papyrus ou de parchemins, ont dû faire des choix entre les auteurs et les ouvrages, peut-être en partie par défaut, peut-être pas toujours les bons, avec le recul des siècles. Faut-il conserver des rayons de bibliothèques chauffés pour stocker les tombereaux d'ouvrages qui sont édités aujourd'hui ? À l'époque d'Eschyle, de Tite-Live ou de Plaute, des équivalents des romans de gare d'aujourd'hui ou des essais des philosophes télégéniques ont-ils été publiés, sans qu'en soit conservée la moindre trace ? Si non, auraient-ils passé le test de la sélection par les moines copistes ? Et qui serait à même de juger aujourd'hui ce qui mérite de résister à l'épreuve du temps ?

Nouvelles technologies, informatique et communication

L'enjeu : ne pas jeter bébé avec l'eau du bain ?

Difficile de remettre totalement en cause le développement de l'électronique, des outils de communication, de l'informatique, ou d'Internet. Ceux-ci ont permis l'accès à une incroyable augmentation de la puissance de calcul dont les applications sont quotidiennes, du dimensionnement des structures des ponts aux prévisions météorologiques ; à la rapidité et l'automatisation d'actions, générant des « gains de productivité » dans l'industrie ou permettant de réaliser des tâches plus précises avec les machines à commande numérique ; à la capacité à communiquer instantanément à distance, à stocker et partager de l'information, avec tous les bons côtés (faire avancer les sciences, la santé, créer une base de connaissance universelle dont

l'encyclopédie en ligne Wikipedia est l'exemple le plus emblématique...) mais aussi les mauvais (vacuité de l'information en temps réel sans analyse, des faits divers de l'autre bout de la planète).

Mais ce développement a sa face sombre. Pauvre bébé, il faut reconnaître que l'eau de ton bain est de plus en plus crasseuse : consommation de ressources, d'énergie, et déchets engendrés bien réels, loin des mirages de l'économie dématérialisée ou du *green IT* ; impacts sociaux négatifs de l'» ultraconnectivité », de la « technodépendance « : atomisation de la société, impact cognitif sur les enfants, violence des jeux informatiques... ; saturation des services à « utilité » nulle voire négative : publicités, spams, multiplication des virus, contenus accablants d'ineptie sur les réseaux sociaux ou les sites de partage vidéo... ; questions sanitaires du Wifi et sans fil généralisé (impact non évalué d'une exposition permanente à différentes ondes électromagnétiques) ; stratégie de prise de contrôle et de concentration toujours plus grande des grands groupes d'Internet, et surveillance généralisée.

Et les évolutions à venir ne laissent rien présager de bon : obsolescence toujours plus rapide des équipements, émergence du *big data* et son corollaire, l'explosion des serveurs et des centres de données, Internet des objets avec un monde entièrement « pucé » par RFID (*Radio Frequency Identification Device*), arbres, brebis, humains, ou courses achetées en supermarché... pratique pour passer rapidement en caisse, mais terriblement *orwellien* dans ses conséquences possibles. Sans compter l'usage dispersif de métaux pour fabriquer chaque étiquette RFID jetable !

L'aspect bien matériel des nouvelles technologies

Le numérique n'a évidemment rien de virtuel, même le *cloud computing* (informatique nuage) : contenu métallique des téléphones, ordinateurs, serveurs, pour la plupart très mal ou pas recyclés, antennes et équipements de transmission, câbles transocéaniques que l'on continue d'installer, alors que la capacité disponible est déjà énorme, pour suivre ou anticiper la croissance du trafic. Et si l'on vous dit que la fibre optique en verre est un exemple de formidable économie de ressources par rapport au câble de cuivre, gardez en tête que le « verre » n'est pas ici composé que de sable... mais qu'il faut aussi du bore, des métaux rares comme le

germanium (30 à 50% de la production mondiale) qui augmente l'indice de réfraction et confine la lumière dans la fibre, ou du gallium pour l'électronique de haute fréquence.

La consommation électrique de l'informatique et des télécommunications augmente de manière exponentielle (déjà 7,3 % de la consommation électrique française en 2008, selon l'ARCEP) : par le nombre d'appareils, par leur consommation individuelle, par la multiplication des centres de données, qui émettent tellement de chaleur qu'il faut en assurer le refroidissement, en les climatisant ou en les installant près d'une source d'eau froide. Sans parler des besoins induits, comme celui de papier, par la facilité à imprimer et l'accès à un nombre illimité de documents.

Comme toujours, le problème est grandissant et en accélération. L'équipement des foyers occidentaux n'a jamais été aussi massif, six ou sept écrans par foyer en moyenne désormais, avec une durée de vie toujours plus courte. Les terminaux sont toujours plus complexes (plus de ressources), intégrés et miniaturisés (moins recyclables). Pour preuve, l'extrait de [225]la fiche technique d'un *smartphone* dernier modèle : capteurs de proximité (pour éteindre l'écran pendant la conversation), de lumière (pour ajuster automatiquement la luminosité de l'écran), infrarouge (pour la télécommande, et tourner les pages Web sans toucher le téléphone), thermomètre, hygromètre, baromètre, accéléromètre et gyroscope à trois axes, magnétomètre (ouf !) ; deux micros (pour annulation de bruit ambiant) et deux caméras ; quatre microprocesseurs à 1,9 GHz (vidéo à soixante images par seconde, au-delà des capacités de l'oeil)... et cela dans un appareil dont le volume diminue de 10 %, ce qui le rend de fait encore moins maintenable et réparable !

Le volume de données échangées et stockées explose (+ 35 % en 2012, + 39% en 2011). Vidéos échangées et téléchargées, spams, ou données pour servir à votre *profiling* : lorsque vous accédez à une page (gratuite), des serveurs calculent en environ 10 millisecondes la publicité qui va vous être présentée. Vous visitez un site, mais derrière des dizaines d'autres sont sollicités sans que vous en ayez connaissance (pour reprendre un bon mot : si vous ne payez pas un service, c'est que vous n'êtes pas le consommateur, vous êtes le produit vendu). Le développement du *cloud* part d'un « bon sentiment » d'économie sur serveurs, en optimisant leur utilisation et donc leur nombre et leur consommation... Mais le stockage de ces données peut se faire à l'autre bout de la planète et générer du trafic supplémentaire.

Limites de la démesure ?

L'informatique est évidemment le domaine où le niveau de nos ambitions est le plus hallucinant, où l'hypothèse — habituelle — de ressources infinies sur la planète est la plus flagrante. Un exemple, un peu technique mais révélateur, l'illustre bien. Les adresses IP (Internet Protocol), celles qui permettent d'identifier votre ordinateur ou votre mobile, sont codées en « IPv4» sur 4 octets, soit 32 bits. En pratique, il y a donc 2^{32}, soit 4,3 milliards d'adresses différentes. Comme on arrive à la limite, décision a été prise de passer au système d'adressage « IPv6 », qui nécessitera la mise à jour des logiciels. Bref, une sorte de bug de l'an 2000 mais pour spécialistes, on ne va pas vous embêter avec ça.

Or cet « IPv6 » sera codé sur 16 octets, soit 2^{128} adresses différentes. Un très, très grand nombre, de quoi voir venir largement et de *potentiellement étiqueter chaque objet sur Terre*. Et même beaucoup plus, puisque l'on pourrait affecter 667 millions de milliards d'adresses par millimètre carré de surface sur Terre, océan compris. Même en réservant plusieurs octets pour des raisons techniques, liées à la facilité de tri des données dans le réseau, largement assez pour chaque objet manufacturé, chaque être vivant.

Démesure quand tu nous tiens... Pourtant, même en informatique, les limites physiques rattrapent la technologie. L'empirique « loi de Moore » (figure 16), qui veut que la capacité des microprocesseurs double environ tous les dix-huit mois, va buter sur une réalité bien physique : en deçà d'environ 10 nanomètres, les courants de fuite ne permettent plus de faire fonctionner un transistor. Bien sûr, il y aura toujours un optimiste pour nous parler de l'ordinateur « quantique », encore un pari technologique.

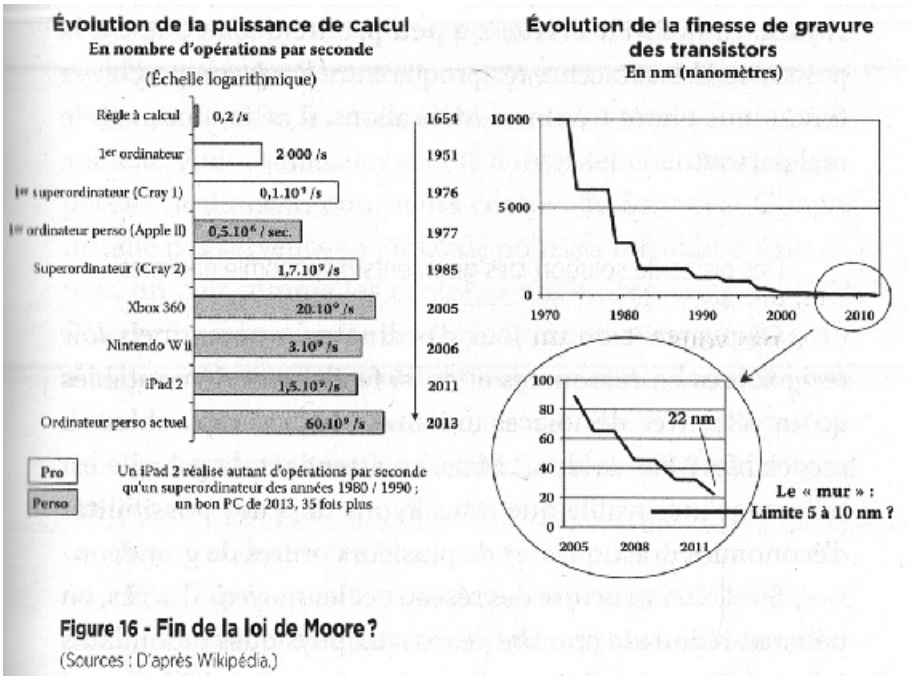


Figure 16 - Fin de la loi de Moore ?
(Sources : D'après Wikipédia.)

De même, la fréquence commerciale plafonne — autour de 3 ou 4 GHz, car au-delà, la

dissipation d'énergie devient bien trop importante — et il ne reste plus, pour augmenter la puissance de calcul, qu'à paralléliser les microprocesseurs. Signe des temps, on cherche maintenant, enfin, à réduire la consommation des logiciels. Jusqu'à présent, malgré l'immense augmentation de la puissance de calcul des deux dernières décennies, un ordinateur met, en gros, toujours autant de temps à démarrer, certes avec plus de fonctionnalités (antivirus, mises à jour, synchronisation Internet, détection des périphériques...), mais l'utilisateur a peu profité de la course à la puissance. L'obsolescence réciproque entre *hardware* et *software* fonctionne plutôt très bien. Mais allons, il ne faut pas voir le mal partout...

Des pistes de solution, des gisements d'économie énormes

Disposera-t-on un jour d'ordinateurs personnels *low tech*, sobres en ressources et aussi facilement démontables qu'un vélo, avec des pièces unitaires simples, réparables ou recyclables ? Pas évident. Mais, en attendant, la gabegie est tellement incroyable que nous avons déjà des possibilités d'économies drastiques, et de plusieurs ordres de grandeur.

Sur l'infrastructure des réseaux et les moyens d'accès, on pourrait réduire le nombre de réseaux physiques redondants (icf. acte II), en privilégiant, là où des réseaux capillaires sont déjà installés (ADSL, fibre optique), les accès filaires plutôt que le sans-fil très énergivore. Il faudrait réserver les réseaux mobiles à des usages très limités ou dans les endroits non équipés, comme les pays du Sud.

Sur les serveurs et les centres de données, le gâchis, en nombre et en puissance consommée, est terrible. Il est possible, en reconcevant correctement l'architecture, et en acceptant d'intégrer des tests de sobriété, de rendre les mêmes services (stockage de fichiers, serveurs Web...) en divisant les infrastructures existantes par dix. Le *cloud* peut aussi avoir des effets bénéfiques en mutualisant les serveurs, à condition de ne pas générer du trafic supplémentaire longue distance, en hébergeant préférentiellement les données dans la zone géographique d'utilisation, à l'inverse de l'hypercentralisation actuelle. Aujourd'hui, les géants d'Internet cherchent désespérément du froid pour leurs centres de données : Google installe des serveurs en Finlande pour les refroidir à l'eau de mer, un peu comme les centrales nucléaires. Du *green IT* ? D'accord, on économise l'énergie de la climatisation, mais n'y a-t-il pas

une meilleure utilisation pour cette électricité que d'être rejetée à la mer ? Plutôt qu'installer des centres à grande échelle, ne pourrait-on les décentraliser, et mettre à profit la chaleur dissipée pour chauffer des bureaux ou des logements, ou alimenter des serres ?

Sur l'équipement individuel, on pourrait économiser beaucoup, d'abord sur le nombre d'équipements. Sans aller jusqu'à l'« extrémité » qui consisterait à (re) mutualiser les ordinateurs, en les mettant par exemple à disposition en médiathèque ou en bibliothèque — assez difficile d'arracher à chacun son ordinateur personnel, mais on pourrait peut-être plus facilement commencer avec les imprimantes ? -, a-t-on besoin de plusieurs télévisions, d'ordinateurs à la maison et [230]au travail, de tablettes, de téléphones portables et fixes... sans parler des appareils photo, caméscopes... ou même d'une box Wifi par foyer ? Sans trop martyriser les plus geeks d'entre nous, on pourrait déjà, peut-être, avoir un téléphone ayant la puissance d'un ordinateur de bureau, qui pourrait servir à la maison moyennant connexion à un écran plus grand.

Ensuite bien sûr sur la durée de vie de ces équipements. Certes le marketing joue à fond, à un point qui me laisse toujours pantois, et l'obsolescence technique aussi. Parfois jusqu'à l'absurde, quand le toujours plus de puissance et de GHz dans le PC se traduit *in fine* par une perte de convivialité : en changeant de version logicielle, l'utilisateur habitué s'y perd, et parfois n'a plus accès à d'anciens documents. En entreprise, une mesure simple comme l'allongement de l'amortissement comptable du matériel permettrait *de facto* de freiner les changements de parc informatique et d'éviter l'envoi à la casse de centaines de milliers d'ordinateurs. Dans cette optique, les systèmes Linux, plutôt sobres et résilients, moins gourmands en puissance pour leur fonctionnement, sont de plus en plus utilisés pour prolonger la vie des ordinateurs décrétés à tort « bons pour la casse ».

Il est possible qu'ici « l'économie de la fonctionnalité » soit applicable et réduise la vitesse de renouvellement, à condition toutefois de contraindre les opérateurs par une réglementation adéquate, sinon le dernier modèle continuera à constituer l'argument marketing. La première chose à faire serait d'interdire la vente d'appareils subventionnés avec engagement de forfait mensuel. Les offres mobiles « sans téléphone » ont ainsi permis de développer le marché de la revente de terminaux d'occasion.

Enfin, tout un travail de conception, ainsi que réglementaire, pourrait être réalisé sur les appareils pour augmenter leur durée de vie et leur récupération en recyclage, à condition de renoncer à certains aspects esthétiques, à la course à la taille, à la performance (durée de la

batterie, puissance de calcul...). Il faudrait adopter une approche modulaire pour favoriser la « réparabilité » et la réutilisation des composants : compatibilité des batteries, des écrans — la moitié des pannes des téléphones -, des prises, des connecteurs pour les accessoires, peut-être même des processeurs... et pas seulement des chargeurs, comme l'a timidement imposé l'Union européenne à une partie des constructeurs ! Cela n'empêcherait pas des différences de design : dans l'automobile, les plateformes partagent jusqu'à 80% de pièces communes...

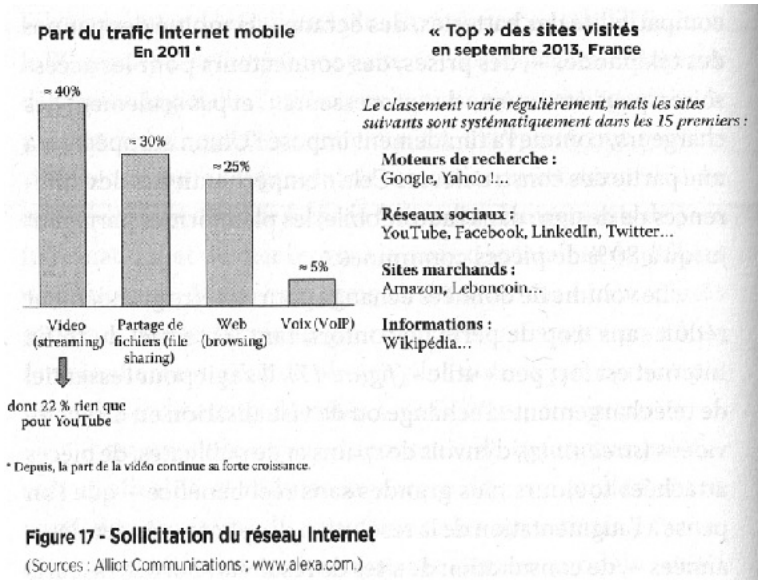

Part du trafic Internet mobile
En 2011 *
≈ 40%
≈ 30%
≈ 25%
≈ 5%
Video (streaming)
Partage de fichiers (file sharing)
Web (browsing)
Voix (VoIP)
dont 22 % rien que pour YouTube
* Depuis, la part de la vidéo continue sa forte croissance.
« Top » des sites visités
en septembre 2013, France
Le classement varie régulièrement, mais les sites suivants sont systématiquement dans les 15 premiers :
Moteurs de recherche :
Google, Yahoo !...
Réseaux sociaux :
YouTube, Facebook, LinkedIn, Twitter...
Sites marchands :
Amazon, Leboncoin...
Informations :
Wikipédia...

Figure 17 - Sollicitation du réseau Internet

(Sources : Allict Communications ; www.alexa.com.)

Le volume de données échangé pourrait être grandement réduit sans trop de perte de confort, tant l'essentiel du trafic Internet est fort peu « utile » (figure 17). Il s'agit pour l'essentiel de téléchargement, d'échange ou de visualisation en direct de vidéos (*streaming*), d'envois de spams et de publicités, de pièces attachées toujours plus grandes sans réel bénéfice — que l'on pense à l'augmentation de la résolution des photos ces dernières années -, de consultation de sites de résultats sportifs, de paris en ligne ou de *news*... Au milieu de tout cela passent quelques messages utiles, quelques consultations de sites Web, quelques transactions sur les sites marchands, quelques conversations téléphoniques en VoIP. Faut-il continuer à installer des câbles transocéaniques pour télécharger encore plus de films holly- ou hollywoodiens, ou regarder des vidéos consternantes ? La course au débit ressemble à la construction d'autoroutes : plus on installera de capacité et plus il y aura de trafic. On devrait au contraire, comme on a commencé à le faire en ville pour limiter le nombre de voitures, réduire la capacité afin que les usagers et les services s'adaptent.

Bien sûr, cela impliquerait de réapprendre la patience, de renoncer à l'immédiateté, au « je veux tout, tout de suite (et gratuitement tant qu'à faire) ». L'intégralité du site Wikipedia en anglais correspond à une taille de 9 giga-octets, soit l'équivalent de... deux films en format DVD. Alors que le site compte parmi les dix plus visités au monde, Wikipedia utilise « seulement »

mille serveurs répartis dans différents pays. Les raisons ? Pas de vidéos haute définition stockées, architecture optimisée et intelligente, version mobile conçue pour optimiser la bande passante, car les capacités financières du site sont limitées.

À l'inverse, tout ce qui est basé sur le temps réel, de Facebook à Twitter, sans parler des opérations boursières qui ont carrément des serveurs et des câbles de transmission dédiés, est monstrueusement consommateur de ressources. A-t-on vraiment besoin de cette « ultraconnectivité », du culte de l'urgence et de l'événementiel, de savoir à tout moment ce qui se passe partout dans le monde, de mises à jour permanentes, de commentaires conservés pendant trente ans ? De telles contraintes jouent sur les besoins en infrastructures : soit l'information est stockée de manière centralisée, et il faut aller la chercher à l'autre bout de la planète systématiquement, en engendrant du trafic, soit il faut la dupliquer sur des serveurs à proximité, donc dupliquer les équipements...

De grands progrès peuvent être aussi réalisés sur les logiciels, à travers l'éco-conception, encore balbutiante. La consommation des serveurs n'est pas une problématique suffisamment connue des développeurs, dont les outils mesurent surtout la réponse au besoin et la performance pure, comme le temps de réponse. Or il est tout à fait courant de pouvoir diviser par cinq à dix la dépense énergétique d'une page Web si l'on suit quelques règles simples.

Conclusion

L'électronique est bien plus efficace que tout ce que les hommes ont inventé à ce jour pour calculer, communiquer à distance, ou partager la connaissance à travers le monde. Pour conserver ces biens communs, l'électricité et les semiconducteurs semblent indispensables. Il ne s'agit pas de proposer un ordinateur en bambou, ou « organique », ou une machine de Turing en cordes de chanvre, ou de revenir au boulier pour renoncer à notre puissance de calcul. Mais nous devrions, comme ailleurs, réfléchir à nos besoins réels, qu'il s'agisse de vidéos ou de webcams, de calculs boursiers et de *trading* haute fréquence (HFT), ou de prévisions météorologiques ! Et, au lieu de fantasmer sur une humanité *augmentée*, nous devrions réfléchir aux conséquences cognitives de nos usages numériques. Comment ne pas s'attrister de voir ces trentenaires et quadragénaires « adulescents » jouer à Tetris (ou équivalent récent) dans le métro

sur leur téléphone, écouteurs aux oreilles ? Oui, la vie est dure, mais en arriver à se vider la tête à ce point, même Huxley, dans *Le Meilleur des mondes*[41], n'en avait pas rêvé.

En réduisant fortement la consommation de ressources, peut-être pourra-t-on ne pas renoncer à l'ordinateur, en tout [235] cas pas tout de suite. Et ensuite nous verrons bien ! Mais il sera, dans tous les cas, nécessaire à un moment ou à un autre de freiner l'innovation mortifère et dispendieuse de ce secteur. Après tout, il nous est déjà arrivé de figer certains artefacts dans leur perfection : c'est le cas du violon et de bien d'autres instruments de musique.

Banque et finances

Le secteur bancaire est aussi éminemment *high tech*. Avec le nombre de transactions à gérer et à sécuriser, il est l'un des premiers à s'être informatisé. Sa dépendance est aujourd'hui énorme, et mon intention n'est pas de vous proposer le remplacement des distributeurs automatiques par des guichetiers et la réapparition des pièces d'or ou d'argent pour remplacer la carte de paiement. Même s'il n'est pas dit que l'on n'y revienne pas un jour, mais c'est une autre histoire.

La question de l'usure

Il faut aborder une question plus structurelle que la consommation générée par les activités matérielles du secteur lui-même, car elle fonde notre système économique : le prêt à intérêt, « l'usure », qui après avoir été longtemps interdit par la religion catholique (mais largement contourné par divers dispositifs, tout comme le fait la finance islamique aujourd'hui), est désormais admis comme une pratique vertueuse et nécessaire aux rouages du système.

Le fait de devoir rembourser les intérêts du capital implique mécaniquement le développement (infini) de la masse monétaire : le total du montant à rembourser, par

l'ensemble des États, des ménages, des entreprises, étant supérieur à ce qui a été prêté, il faut bien qu'ils aient accès, tous en même temps, à une quantité plus grande d'argent. D'ailleurs, la création de monnaie se faisant par les banques, centrales ou privées, à travers la dette, il est nécessaire que le montant total des dettes augmente également. Depuis la crise des dettes souveraines, pas de souci de ce côté-là pour le moment !

Or, si la masse monétaire augmente, le volume des biens et services à produire doit lui aussi augmenter, du moins à la vitesse de circulation de la monnaie constante, selon l'équation de Fischer MV = PT (M = Masse monétaire, V = Vitesse de circulation, P = Prix, T = volume des Transactions). Sinon, il y aura logiquement augmentation des prix, donc inflation, à la vitesse de la création monétaire, donc, disons, au taux d'intérêt des prêts. Du point de vue du prêteur, il n'y a plus, alors, d'*intérêt* à prêter, puisque les intérêts qu'il récupère se retrouvent annulés par l'effet de l'inflation.

Dans une société économique qui prête de l'argent à intérêt, il est donc rigoureusement impossible d'éviter la croissance : une production stable (ne parlons même pas de décroissance) signifierait l'écroulement du système financier et économique. Ainsi, ne faut-il pas voir dans la saturation de la production des sociétés occidentales une des raisons de la crise financière actuelle ?

Les écolo-optimistes rétorqueront que nous pouvons continuer à faire croître la masse monétaire, le PIB, faire de la croissance verte en augmentant les services produits, mais pas les biens matériels. Nous en revenons à la dématérialisation de l'économie dont nous avons vu (cf. acte I) qu'elle était largement fantasmée. Les services sont, dans leur grande majorité, attachés à des productions et consommations bien matérielles. Pour maintenir un système économique fondé sur le prêt à intérêt sans augmenter la production matérielle, il faudrait développer, *à l'infini*, des services sans consommation matérielle. Cela a commencé, certes, et le volume d'activités humaines autrefois gratuites ou inexistantes désormais tarifées se développe, des cours de soutien scolaire aux heures de ménage, des auxiliaires de vie pour les personnes âgées aux services de promenades pipi pour les chiens. Une bonne part des activités humaines est encore hors des circuits économiques, laissant un peu de marge au système pour s'étendre. Mais qui voudrait d'un monde où l'on devra se facturer quand on se rend service entre voisins ou que l'on se reçoit à dîner ? Et il y aura de toute manière une limite.

L'argent et la dette dans nos sociétés

Si l'on oublie un instant le langage abscons, pour ne pas dire ésotérique, des économistes et des banquiers, qu'est-ce que l'argent, au fond ? Le moyen d'acheter et de vendre, de se répartir deux choses : du temps de travail — soit directement sous forme de services, soit incorporé dans les biens sous forme d'heures de travail (ah, la valeur travail...) — ou de la « rareté » de biens ou de services.

Cette « rareté » peut être réelle ou artificiellement créée par notre système économique ou culturel, notre échelle de valeur. Il peut s'agir de ressources renouvelables (produits animaux et végétaux...) ou non (métaux, pierres précieuses...), de biens mobiliers ou immobiliers (de la terre ou un logement). On paie le homard plus cher que le poulet, une grasse terre agricole plus cher qu'un champ de cailloux, de l'or plus cher que du plomb, pour des raisons évidentes de disponibilité, quel que soit le montant de travail que l'on peut mettre en jeu pour les obtenir. La « valeur » intrinsèque de biens ou services peut d'ailleurs aller au-delà de la rareté par simple disponibilité : valeur patrimoniale, contenu historique, rareté de l'objet fabriqué... Ainsi d'une photo dédicacée d'Elvis, d'un château, ou d'une villa d'exception avec vue sur mer.

Une dette est donc essentiellement un « droit de tirage » sur le travail futur du débiteur (crédit à la consommation), à moins que celui-ci n'ait à sa disposition un patrimoine équivalent pour rembourser sa dette (principe du prêt immobilier, à condition que le marché ne fasse pas trop des siennes). Et l'argent, la monnaie fiduciaire, n'a de valeur, comme son nom l'indique, que si on lui fait confiance, mais aussi à condition qu'il y ait des biens et services, et en particulier du travail, à échanger contre cet argent à tout moment.

Premier aparté : vain débat sur les retraites

Le débat qui a eu lieu sur les retraites à la fin des années 1990, entre retraite par répartition et retraite par capitalisation, avait notamment abouti à la création d'un fonds public de capitalisation, dont la vocation future était d'abonder et d'aider à maintenir le système par répartition. Même si, depuis, quelques crises boursières passèrent par là... En réalité, les deux systèmes, d'un point de vue sociétal — mais pas forcément d'un point de vue individuel, c'est là toute la subtilité -, sont parfaitement équivalents : à un instant donné, un même nombre de retraités attend (exige ?) un certain nombre de biens et services de la part d'un même nombre

d'actifs. Sauf si, bien sûr, le fonds place son argent à l'extérieur du pays, auquel cas de jeunes travailleurs étrangers contribuent effectivement à fournir un nombre d'heures de travail supérieur, mais on est alors — c'est bien le cas aujourd'hui, avec les profits réalisés à l'étranger par les entreprises multinationales et les fonds de pension — dans un système pyramidal qui doit, lui aussi, se fonder sur la croissance mondiale, sous peine de s'écrouler.

Deuxième aparté : pourquoi l'on ne démantèlera pas les centrales nucléaires

[240] Partons, pour faire simple, du principe que le montant « provisionné », mis de côté aujourd'hui pour le démantèlement de nos centrales nucléaires est correct — ce qui fait quand même largement débat, puisque les estimations de l'argent nécessaire varient de 200 millions à plus de 3 milliards d'euros par réacteur. Cet argent provisionné n'a pas de réalité matérielle, il s'agit de chiffres sur un compte en banque, d'octets, d'électrons sur un disque dur. Il n'est qu'une créance, un *droit de tirage* sur des ressources humaines et matérielles futures.

S'il n'est pas utilisé immédiatement, et il ne le sera pas, puisque tel n'est pas son but, il reste donc virtuel. Il faudra, au moment où l'on en aura effectivement besoin pour réaliser les travaux de démantèlement, que la société tout entière ait les *moyens matériels* de les réaliser : en ressources (métaux, ciment, énergie abondante), en technologie (robotique, électronique, informatique, moyens de transport et de déplacement rapides pour experts ou techniciens spécialisés), en travailleurs motivés pour recevoir quelques radiations, si possible dans les limites dûment autorisées. Il faudra que l'ensemble du *macro-système* technique se soit maintenu, à l'horizon de plusieurs décennies, voire de siècles.

Rien n'est moins sûr, on l'a vu. Je fais donc le pari — facile, vous ne viendrez pas me chercher — que nous ne démantèlerons rien du tout. Tout au plus bricolerons-nous quelque peu les premières années, puis, au fur et à mesure de la « paupérisation » en ressources de notre société, des mesures plus simples, d'abord « provisoires », seront prises, puis les centrales seront finalement simplement laissées en place, devenant peut-être de futurs *territoires tabous*, en espérant que quelques confinements et maintiens hors d'eau éviteront une dispersion de la pollution.

Ce qui est fondamentalement gênant avec le nucléaire, c'est que l'on ne peut pas l'arrêter, en sortir du jour au lendemain. Une raffinerie, ça s'arrête, ça se ferme, certes avec quelques remous et drames sociaux. Une centrale nucléaire, non. Il faut toujours des pompes pour refroidir le combustible usé, une surveillance permanente. Aux États-Unis, plus des trois quarts de l'ensemble du combustible usé sont stockés dans des piscines, qui doivent être refroidies en permanence. En France, après l'arrêt de Superphénix, il a fallu *maintenir en fusion*, pendant des années, les 3 500 tonnes de sodium, inflammable et radioactif, du circuit primaire, avant de les désactiver lentement et précautionneusement en soude, radioactive toujours, mais plus facile à stocker.

Effet d'emballement

Le système bancaire n'est pas seul à créer l'emballement du système économique. C'est vrai de l'ensemble des activités produisant des « biens intermédiaires » : machines-outils, chaînes de production d'usines, grues, engins de chantier... Construire des grues, à un rythme supérieur à celui de leur vieillissement naturel, de leur obsolescence technique, augmente le parc en activité, et implique donc qu'il y ait de la croissance en aval, dans le secteur du bâtiment.

La santé presque insolente de l'Allemagne, en tout cas au moment où j'écris, est en partie fondée sur cet effet : grâce au « modèle allemand », à ses PME industrielles tant vantées et si jalousées, elle équipe encore, avec le Japon notamment, le reste du monde, Chine en tête, Inde derrière, en chaînes de production d'acier, en automatismes et en ponts roulants, en systèmes de grues et portiques portuaires... Mais tout cela ne peut durer qu'un temps, même dans un monde exponentiel. Nous verrons bien. « Le Brésil, l'Égypte traitent leur coton, le Chili son cuivre. Il reste certes toujours la précieuse ressource de vendre à ces pays non plus des cotonnades ou fils de cuivre, mais les machines à tisser ou tréfiler. Mais cette ressource trouvera ses limites »[42].

Dans un monde « stationnaire », il faudrait pouvoir remplacer les machines seulement lorsqu'elles sont usées, sans augmenter le parc global. Mais, pour des biens intermédiaires à durée de vie longue, la production serait nettement moins importante, et se poserait probablement la question de la viabilité économique des entreprises fabricantes, voire celle du

maintien des compétences de suffisamment de personnes sur la durée (on voit les difficultés de la filière nucléaire par exemple).

Alors, quelles orientations ?

Revenons à notre problème d'usure. Voilà qui est terriblement gênant, car même les plus virulents « pourfendeurs » du capitalisme d'un côté, même les acteurs associatifs impliqués en « finance solidaire » de l'autre, n'ont encore imaginé bannir intégralement le prêt à intérêt. On trouve des clés de lecture historiques et anthropologiques passionnantes, comme chez Graeber[43], mais qui ne débouchent pas sur des propositions concrètes pour le temps présent. Sans prêt, comment assurer le fonctionnement du système économique ? Même pour des activités de basse technologie, il est nécessaire d'investir dans un outil de production, même pour le four à pain du boulanger ou la charrette du paysan.

Afin d'imaginer des pistes, il sera probablement nécessaire de distinguer les différents types de prêts qui sont de trois natures : crédit à la consommation, crédit immobilier et crédit d'investissement. On ne pleurera pas sur les deux premiers qui ne tiennent qu'à la manière dont est aujourd'hui répartie la richesse. Que les uns passent trente ans ou plus à devenir propriétaires de leur logement, tandis que d'autres héritent de patrimoines astronomiques, voilà qui relève de la pure convention sociale, peut-être pas très soutenable par les temps qui courent. Reste le crédit d'investissement, celui nécessaire aux activités économiques. La réponse pourrait venir d'une complémentarité entre des financements locaux faisant appel à l'épargne collective, à l'exemple de la tontine, et des financements publics pour les investissements de plus grande échelle, pour les équipements de réseaux par exemple.

Ballet du troisième acte : aimer, vivre et mourir à basses technologies

Nous orienter vers une société économe en ressources, repenser notre monde technologique, nous amènerait (amènera ?) donc à de profondes évolutions comportementales, culturelles et morales. Avant de conclure, je vous propose quelques considérations sur des sujets encore plus délicats. M'écartant de mon domaine de pertinence, vous voudrez bien me pardonner, j'espère, quelques égarements.

L'amour

Cecil Rhodes, fondateur de la compagnie De Beers — encore aujourd'hui largement dominante dans le commerce mondial de diamants -, avait coutume de dire que l'avenir de son empire serait garanti « tant que les hommes et les femmes tomberont amoureux »[44]... Peut-on faire évoluer les valeurs, les codes, les « protocoles » de l'amour ? Renoncer à l'or et aux pierres précieuses au profit du collier de coquillages, ou à tout le moins faire avec l'énorme stock existant ? N'offrir que des bouquets de fleurs des champs lorsqu'elles poussent, au printemps et [245]en été, et abandonner ces affreuses fleurs coupées qui arrivent d'Équateur ou du Kenya par avions entiers ? Les fleurs coupées ne concernent pas, d'ailleurs, que les rites amoureux. Je me prends à rêver d'un monde dans lequel, en arrivant chez des amis, au lieu d'apporter un bouquet virtuellement parfumé au kérosène, on proposera à la maîtresse de maison d'aller uriner dans le jardin potager pour rendre quelques nutriments à la terre et augmenter sa production légumière à venir...

Au-delà de la consommation directe (bijoux ou fleurs), la recherche d'un partenaire potentiel, alliée au maintien du statut social, est responsable d'une bonne part de la consommation ostentatoire, du maquillage à la voiture de sport, sur laquelle se base désormais, en grande partie, la compétition sexuelle. À partir des fondamentaux anthropologiques[45], est-il possible de modifier profondément notre système de valeurs et nos comportements de séduction ? Après tout, déclamer de la poésie ne fait pas de mal à la planète, et en chantant sous le balcon, en s'accompagnant de sa guitare, Roméo avait bien su séduire Juliette avec une activité totalement *neutre en carbone*...

La délicate question démographique

Voilà la question taboue par excellence, religieuse — « croissez et multipliez ! » — mais aussi étatique avec les politiques natalistes, autrefois pour alimenter les régulières boucheries, et aujourd'hui pour contribuer à l'augmentation du PIB. Il faudra bien, pourtant, l'aborder un jour ou l'autre, car s'il y a peut-être un peu de marge sur la population totale que la Terre peut porter (en fonction du régime alimentaire adopté et des capacités de transport de la nourriture), certains territoires sont déjà saturés et, comme le disait Paul Valéry, « Il faut rappeler aux nations croissantes qu'il n'y a point d'arbre dans la nature qui, placé dans les meilleures conditions de lumière, de sol et de terrain, puisse grandir et s'élargir indéfiniment »[46]. La France est-elle saturée, avec ses 120 habitants au kilomètre carré ? Le chiffre moyen est évidemment trompeur, puisqu'en retirant les « déserts » des Cévennes ou de la Beauce, la concentration, le long des côtes ou en région parisienne, est bien plus importante.

Quoi qu'il en soit, il faudra donc, à un moment, concilier l'inconciliable, entre le plaisir de faire des enfants et de rester en vie le plus longtemps possible, et le ras-le-bol des transports en commun saturés ou des difficultés à se loger. Pur exercice mental, imaginons simplement le moment où nous aurons atteint une population stable, quel que soit ce moment, maintenant ou dans un siècle, et quel que soit le niveau de cette population. À ce stade, nous aurons donc une équation du type Naissances + /- Solde migratoire — Décès = 0.

Laissons de côté l'éminemment épineuse question migratoire (comment refuser à toute personne de bonne volonté la possibilité de gagner honnêtement sa vie ? mais comment le faire sans « accueillir toute la misère du monde » ?) dont le compromis actuel est basé sur une alliance fragile et improbable des militants défenseurs des sans-papiers et du patronat avide de main-d'œuvre corvéable[47]. Ce qui est certain, solde migratoire mis à part, c'est que pour maintenir une population stable, il faudra que les décès compensent les naissances, ou l'inverse ! Donc plus nous ferons des progrès pour allonger la durée de vie (on s'en réjouit en permanence), plus nous devrons nous restreindre sur le nombre d'enfants. Une perspective assez peu enthousiasmante pour nos descendants, car vaut-il mieux une société où l'on vit (très) vieux et qui fait (très) peu d'enfants, ou une société où l'on meurt en moyenne plus jeune mais avec un peu plus d'enfants ? Une société de grabataires ou une société remplie de cris joyeux dans les cours d'école ?

Le profond respect des « anciens » est une caractéristique commune de toutes les sociétés humaines. Les vieillards — il y en a toujours eu, même dans les sociétés préhistoriques : il ne faut pas confondre espérance de vie à la naissance et âge moyen de la mort, une fois passée la période critique de la forte mortalité infantile — avaient la plus longue expérience, étaient

dépositaires d'un savoir nécessaire à la survie du clan ou de la société. Par exemple, avant de construire sa hutte, c'était mieux de savoir où étaient montées les eaux à la dernière grande crue.

Certaines sociétés, limitées en ressources, avaient des pratiques plutôt originales pour « gérer la fin de vie », comme les bushmen du Kalahari : « Mais ces vieillards, comment vont-ils faire ? demandai-je [...]. — Ils marcheront tant qu'ils pourront, me répondit Ben. Mais un jour viendra où ils ne pourront plus. Alors tous les autres se rassembleront autour d'eux et pleureront amèrement, ils leur donneront toute la nourriture et l'eau dont ils pourront disposer, ils construiront un épais rempart d'épineux pour les protéger contre les bêtes sauvages et puis, toujours pleurant, ils feront comme la vie qui exige ce sacrifice d'eux, ils continueront leur chemin. Tôt ou tard, probablement avant que la nourriture ou l'eau soit achevée, un léopard, mais le plus souvent une hyène, pénétrera dans l'abri et les mangera. Tel a toujours été le sort de ceux qui survivent aux dangers du désert et deviennent vieux. Mais ils le subiront sans un gémissement »[48].

Ou encore à Sumatra, dans un texte du XIXe siècle où le mythe du sauvage forcément cannibale battait son plein : « Ainsi, aujourd'hui, les Battas ne mettent plus à mort leurs parents quand l'âge les a rendus inutiles comme travailleurs ou comme guerriers. Jadis, chaque année, [...] on voyait des vieillards se soumettre d'eux-mêmes au supplice. La famille s'assemblait, la victime, affaissée par l'âge, recueillait toute son énergie, s'élançait vers une branche d'arbre, et y demeurait suspendue par les deux bras jusqu'à ce que, ses forces l'abandonnant, elle tombât sur le sol. Alors les enfants et les voisins [...] se précipitaient sur elle l'assommaient, dépeçaient ses membres et dévoraient ses muscles [...] »[49].

Sans aller bien sûr jusqu'à des solutions aussi radicales que celles de *Soleil vert*[50], ne faudrait-il pas réfléchir au but de cette hypermédicalisation de la fin de vie, dans un modèle où les dépenses de médecine et des hôpitaux ne sont de toute manière pas soutenables ? Pourquoi ne peut-on plus qu'exceptionnellement mourir dans son lit ? À Crésus qui lui demandait « s'il avait jamais vu homme plus heureux que lui », Solon, un des sept sages de la Grèce, cita deux jeunes frères qui « s'allèrent coucher, mais [...] ne se relevèrent point le lendemain, mais furent trouvés morts sans avoir souffert mal ni douleur, après avoir reçu tant de gloire et d'honneur »[51].

Faut-il se liquéfier sur un lit d'hôpital après trois opérations pour se maintenir envie quelques mois de plus ? Pourquoi s'offusque-t-on de la progression du suicide chez les personnes âgées ? Un peu pour le PIB, sans doute. Mais peut-être aussi parce que notre société

ressent une certaine culpabilité générationnelle ? Car, pour la première fois, dans notre monde du spectacle au jeunisme débridé, les vieillards ne sont plus les notables aimés, respectés pour leur savoir et leur sagesse (la société a trop accéléré et ils ne sont plus « dans le coup »[52]), mais des « boulets » dont il faut s'occuper lorsqu'ils deviennent grabataires. Ou, à l'inverse, parce que nous sommes dans une gérontocratie de fait, tant politique qu'économique ?

Guide de la mort écologique

Tant qu'à faire dans le macabre, j'en profite pour faire quelques ultimes (si je puis dire) recommandations sur les « bonnes pratiques » funéraires. Des services de pompes funèbres écologiques apparaissent un peu partout, preuve probable qu'il y a un marché de niche à prendre.

D'abord, indépendamment des considérations religieuses [250](je me doute que ce sera plus difficile à faire passer à Bénarès), il faut privilégier l'inhumation à l'incinération, pour des raisons triviales de consommation d'énergie, sans parler de l'émission de polluants, comme le mercure des amalgames dentaires. On prend exactement le chemin contraire, malheureusement, car la « paganisation » gagne du terrain. On peut ensuite réduire la consommation de ressources : on voit apparaître des cercueils en bois certifié (bof, mais toujours mieux que l'acajou ou un autre bois tropical), en bambou, en carton, en paille (voilà qui est mieux), sans poignées en métal, avec « location » éventuelle d'un cercueil en bois pour ne pas faire trop négligé devant les invités, qui ne viendront pas trop nombreux et pas de trop loin. L'idéal serait de pouvoir être enterré dans un simple linceul en chanvre grossier, au coin d'un bois, pour amender les sols, mais la puissance publique y trouverait sans doute à redire. En tout cas, pourquoi vouloir ralentir la vitesse de décomposition des corps avec un cercueil en bois imputrescible et un caveau en bronze — l'alliage le plus résistant à la corrosion ? Il paraît d'ailleurs que les corps se décomposent moins vite qu'autrefois, à cause des additifs alimentaires (conservateurs) que nous avalons. Je le tiens d'un fabricant de caveaux, mais je n'ai jamais pu vérifier l'information * : je suis preneur de tout élément précis sur le sujet !

Enfin, il serait intéressant de pouvoir travailler sur la consommation d'espace, maintenant que celui-ci nous est compté. C'est une idée un peu païenne, mais à la place d'un lieu trop «

minéral » où s'alignent les pierres tombales et les petits graviers qui crissent sous les pas des visiteurs de la Toussaint, nous pourrions faire des cimetières de « bois sacrés », d'inspiration chamanique, qui sentiraient bon l'humus, et rempliraient aussi des fonctions écologiques : zones refuges pour la microfaune, les oiseaux nicheurs... Et les arbres y pousseraient fort bien grâce au phosphate de calcium des os.

Quand la poubelle disparaîtra

Nous connaissons tous Eugène Poubelle, le préfet de la Seine qui introduisit dans les années 1880 l'obligation de mettre à disposition des Parisiens un conteneur fermé pour le stockage et l'évacuation des déchets, unanimement salué comme un digne représentant de la tendance hygiéniste caractéristique de l'époque. Quelques décennies auparavant, le débat faisait rage entre partisans et opposants du tout-à-l'égout[53].

Avant ces deux grandes « innovations urbaines », les rues de Paris étaient franchement sales, les entrées d'immeubles bourgeois dotées de barres métalliques servant à décrotter les chaussures, et il était statistiquement envisageable de recevoir le contenu d'un pot de chambre sur le chapeau. Mais, paradoxalement, le système de traitement des déchets assurait un retour à la terre bien plus efficace qu'aujourd'hui des nutriments contenus dans les déchets ménagers et les excréments. Ceux-ci, après vidage des fosses d'aisances, rejoignaient les pestilentielles voiries — la plus célèbre étant celle de Montfaucon (aujourd'hui dans le Xe arrondissement), qui avait remplacé le sinistre gibet — où ils étaient transformés en « poudrette » très recherchée comme engrais par les paysans. Ceux-là, simplement jetés à la rue, se transformaient en « boues » (éventuellement après passage par le système digestif d'un cochon) qui étaient évacuées par les éboueurs vers les terrains des maraîchers environnant la ville. Le débat sur le tout-à-l'égout ne portait pas sur la question de l'hygiène, mais sur le gigantesque gâchis d'engrais que représentait l'évacuation des excréments dans le fleuve, tout au moins avant d'orienter les égouts vers des zones d'épuration comme celle d'Achères.

Aujourd'hui, notre cher Poubelle serait certainement effaré du contenu actuel de son « invention », et de notre système de gestion des déchets. Toutes matières confondues, les ordures ménagères, plus d'un kilogramme par jour et par habitant — nous ne parlerons ici que des

déchets des ménages, les déchets des entreprises représentant des volumes largement plus conséquents (cf. prologue) -, ne sont recyclées, avec les limites que l'on a vues (cf. acte I), qu'à moins de 15 %. Le reste est pour moitié stocké en décharge, pour moitié incinéré, « valorisé énergétiquement », en novlangue.

On mélange ainsi de précieux nutriments, qui devraient être compostés et retournés à des terres agricoles qui s'épuisent, avec des matériaux qui pourraient être recyclés (métaux, verres, certains plastiques) et d'autres produits artificiels non recyclables, souvent potentiellement polluants et difficiles à éliminer (plastiques, composites, avec traces de métaux en additifs...).

Par millions de tonnes, tout ceci est donc joyeusement enfoui en décharge, ou part en fumée, ou se retrouve insidieusement dans les cendres des incinérateurs, les « mâchefers », qui sont eux-mêmes enfouis en décharges ou étalés en sous-couches routières ou dans les lotissements « viabilisés », ce qui permet de les faire entrer dans les statistiques comme étant valorisés eux aussi. Une pratique scandaleuse étant donné leur contenu en métaux polluants (plomb, cadmium, nickel...). Mais bon, comme on étalera dessus du bitume, lui aussi contenant des métaux lourds, pourquoi se gêner ?

Pourtant, en examinant le contenu de nos poubelles et compte tenu de la réduction des déchets qui pourrait être engendrée par l'ensemble des évolutions proposées précédemment, il serait possible de se passer — à nouveau — des poubelles ! Détaillons-en les raisons, « poste par poste » (figure 18).

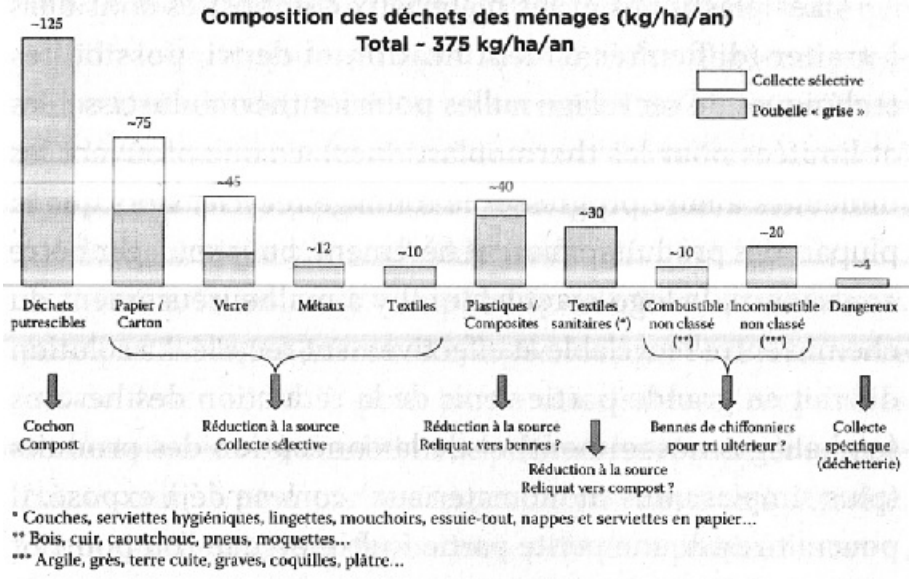


Figure 18 - Les ordures ménagères... et leur avenir possible
(Sources : ADEME, Campagne nationale de caractérisation des ordures ménagères, 2007 ; Rapport ADEME 2012.)

Les déchets putrescibles composent un tiers de nos poubelles. La solution passe

évidemment par un compostage généralisé, adapté à chaque situation : en habitat dispersé du compostage individuel (déjà encouragé pour faire baisser le poids à collecter, une excellente chose), en habitat urbain dense du « lombricompostage » individuel — garanti sans odeur, je teste depuis plusieurs années en appartement, mais il faut y mettre les doigts de temps en temps — ou du « compostage en cour d'immeuble » : le bon fonctionnement des composteurs pourrait être confié aux concierges, qui feraient leur retour, aidés par des éboueurs transformés en « conseillers compost ». Le compost pourrait ensuite être revendu localement comme engrais ou évacué vers les jardins partagés ou les champs de la région.

Encore mieux, avant de confier nos épluchures de légumes aux bons soins des bactéries et des décomposeurs, nous pourrions utilement élever des animaux de ferme (cochons, poules, canards, lapins) et contribuer à la nécessaire déconcentration des activités d'élevage. Rien n'interdirait de se livrer à ces activités même dans les endroits les plus urbanisés, à condition de faire évoluer les réglementations et notre système de valeurs. Pourquoi pas un cochon dans chaque cour d'immeuble, à la place du local pour les poubelles ? Les habitants descendraient leurs épluchures, des concierges « 2.0 » seraient chargés de veiller sur eux — les animaux, pas les habitants ! -, les pervenches se transformeraient (plus de procès-verbaux à distribuer après la disparition des voitures) en vétérinaires effectuant des visites préventives, puis un camion (ou une charrette, pour les ultras) effectuerait le ramassage pour éviter d'avoir à les égorger dans la cour...

Soit dit en passant, le cochon remplacerait fort utilement nos animaux domestiques traditionnels, comme le chien urbain (désespérant consommateur biquotidien — enfin, pour les maîtres les plus propres — de petits sacs plastique), ou le chat périurbain (*serial killer* de dizaines d'oiseaux par an, sans distinction entre moineaux et espèces menacées, le bougre). [255] Face à une contrainte de ressources, mieux vaudrait miser sur des animaux plus « utiles », comme les moutons qui tondent le gazon ou les abeilles qui produisent le miel et offrent un « service de pollinisation ».

Pour les papiers et cartons, le verre, les métaux, les textiles, il existe déjà des filières spécifiques qu'il suffirait de respecter. Il y a encore du travail à faire quand on voit le pourcentage de verre ou de papier qui reste actuellement dans les poubelles non sélectives, mais la réduction des besoins de consommation permettrait de toute manière de baisser fortement la quantité en circulation.

Les plastiques et les matériaux composites sont durs à traiter (difficultés d'identification

et de tri, possibilités techniques de recyclage nulles pour les thermodurcissables et limitées pour les thermoplastiques), ce que prouvent les difficultés à faire progresser le tonnage recyclé, alors que la plupart des produits arborent fièrement, pour soulager notre conscience, le logo recyclable : il y a malheureusement du chemin entre recyclable et effectivement recyclé. La solution devrait en grande partie venir de la réduction des besoins (emballages notamment) et de la conception des produits (plus simples, plus monomatériaux) comme déjà exposé. Il pourrait rester une petite partie « ultime » que l'on pourrait collecter dans des bennes « de quartier » pour être ensuite soit triées, soit traitées (cf. infra).

Viennent ensuite les délicats textiles sanitaires. Ceux-ci ont fortement augmenté ces dernières années avec l'introduction des lingettes pour le ménage. Compte tenu de la facilité à s'en passer, donc de leur inutilité sociétale caractéristique (le principe du *pourquoi s'essuyer* devenant *pourquoi essuyer* ?), le cas de ces dernières pourrait être facilement réglé, de même que les serviettes en papier, les mouchoirs jetables ou les essuie-tout. Ne resteraient alors que les couches, les serviettes hygiéniques, les cotons... Il existe des alternatives très efficaces, comme les couches lavables, qui demandent un engagement non négligeable dans notre société actuelle, mais pourraient être plus simples si tout le monde s'y mettait (masse critique pour permettre des services de ramassage/ nettoyage par exemple). L'autre piste serait de faire en sorte que ces produits, toujours jetables, soient entièrement composés de produits biodégradables, en acceptant de renoncer à une partie de leur capacité absorbante, car l'excellente capacité d'absorption des liquides est liée à la polymérisation d'un produit chimique à base d'acide acrylique.

Enfin, le reste est composé de nombreux matériaux, pour partie inertes (terre cuite, argile, lorsque vous jetez votre pot de fleurs cassé...), pour partie valorisables — recyclables ou réutilisables — à condition de pouvoir les récupérer (caoutchouc, cuir...), pour partie dangereux, polluants ou à détruire. On pourrait imaginer des bennes, peut-être plusieurs sortes, qui seraient triées ultérieurement. Certaines bennes destinées à recevoir les produits valorisables seraient des « bennes des chiffonniers » (eh oui, des chiffonniers feraient leur réapparition, encore une reculade et un retour à la bougie !), d'autres destinées à la destruction par incinération, mais dans des quantités largement moindres qu'aujourd'hui, disons quelques kilogrammes par habitant et par an tout au plus.

Il serait donc possible, nous n'en sommes plus à une utopie près, d'enlever, à terme, purement et simplement les poubelles. Alors rêvons du jour béni où la poubelle disparaîtra. Ce jour-là, nous saurons rendre à la terre l'ensemble des nutriments extraits par la production

agricole. Car côté excréments — et je mets de côté mes toilettes sèches — les boues d'épuration pourraient ne plus contenir comme aujourd'hui des polluants nombreux (métaux lourds entre autres) qui en font des déchets à épandre avec circonspection sur les terres agricoles : d'un côté, la disparition de l'essentiel des voitures et de leurs émissions de particules éviterait que les eaux de pluie ne se chargent en métaux lourds ; de l'autre, la réduction d'emploi de certains produits chimiques et métaux devrait considérablement réduire le contenu polluant en sortie des stations de traitement des eaux usées.

Il restera bien sûr des filières de traitement des déchets spécifiques, comme les déchets hospitaliers, qui ne peuvent être traités autrement que par incinération (peut-être peut-on réduire certains usages jetables, mais en faisant tourner bien plus souvent les machines à laver à 90 °C ?). Cependant, leur quantité est infime par rapport aux déchets ménagers, 200000 tonnes contre 28 millions. Enfin, il ne faut pas oublier que les déchets ménagers ne sont qu'une petite part des déchets générés par les activités des entreprises (90 millions de tonnes, hors agroalimentaire). Mais la réduction de la production et d'activité devrait mécaniquement faire baisser ces quantités de manière aussi drastique que chez les particuliers.

Et l'énergie dans tout ça ?

Prendre la mesure de la transition nécessaire

Comment la question énergétique pourrait-elle être résolue dans notre monde à basses technologies ? On l'a vu en abordant le sujet des industries de réseaux (cf. acte II), la production et la distribution d'énergie sont elles aussi diablement *high tech*.

Côté distribution, un ensemble d'ordinateurs et de commandes automatisées déclenche les capacités de production additionnelles (centrales à gaz, barrages hydroélectriques) pour adapter la production aux pointes de consommation. Cela ne va pas s'arranger, avec l'arrivée des

smart grids et des compteurs individuels « intelligents » qui permettront de suivre et d'» effacer » des appareils (débranchement temporaire de votre machine à laver ou d'un moteur d'industrie) pour mieux adapter l'offre de production à la demande des consommateurs.

Côté production, ne parlons pas du nucléaire au niveau technologique ingérable. Mais, en mettant à part le risque d'accident et de contamination (ce qui fait toute la différence, naturellement), certaines énergies renouvelables, *a priori* « vertes », comme l'éolien de forte puissance et le solaire photovoltaïque, n'ont pas grand-chose à lui envier sur le contenu technologique et la complexité technique. Il n'y a pas une grande différence entre une centrale nucléaire et une éolienne industrielle de 5 ou 7 MW, ou plutôt, un *macro-système* de milliers d'éoliennes et de « fermes » photovoltaïques, reliées par les *smart grids* permettant à tout instant d'équilibrer offre intermittente et demande variable.

Peut-on imaginer un monde « stable » fondé sur ces technologies, en maintenant un tel système de production pendant des siècles ou des millénaires ? Naturellement non, [260] pour la même raison que les centrales nucléaires : il faudra bien changer ces grandes éoliennes tous les trente ou quarante ans, avec l'impossibilité de recycler correctement — c'est-à-dire sans dégradation de l'usage — tous les matériaux, avec le manque à venir de ressources spécifiques, ainsi que la dépendance cachée aux énergies fossiles (métaux, plastiques, polymères) et à l'ensemble de la *mégamachine* technique.

Alors à quoi bon se lancer dans un grand programme industriel de renouvelables pour maintenir notre niveau de dépense énergétique actuel, ou légèrement amendé à coups d'efficacité énergétique, si cela n'est pas soutenable sur le long terme ? Pour s'acheter du temps, répondront certains, et se permettre d'organiser la « transition » sur une ou deux générations. Mais alors pourquoi ne pas organiser plutôt la transition *tout de suite* ? Cela éviterait de gaspiller des ressources précieuses — énergie et matériaux — dans l'intervalle, en continuant à accélérer le système.

Du bon usage des énergies (vraiment) renouvelables

Il faudra bien alors admettre que les formes d'énergie vraiment durables sont sans doute celles basées sur des systèmes moins « agressifs », très locaux et adaptés à leur environnement et

donc, on y revient, de relativement basse technologie — afin d'être réalisables, réparables et remplaçables localement — quitte à renoncer à un peu de rendement et de performance : micro- et mini-hydraulique (et encore pas de trop, car l'impact sur les écosystèmes fragiles des rivières peut être fort dommageable), petites éoliennes « de village », solaire thermique pour les besoins sanitaires et la cuisson, biomasse et biogaz, éventuellement agrémentés de pompes à chaleur...

Las, la quantité d'énergie récupérable par de telles technologies sera bien faible eu égard à nos standards occidentaux. Pas la peine d'espérer faire fonctionner des batteries d'escalators, des trains à grande vitesse ou de gros sites industriels chimiques (chlore-soude) et électrométallurgiques (aluminium, sidérurgie). Mais si l'on s'organise bien, probablement assez pour vivre décemment et ne pas retourner au lavoir faire la lessive à la main. Il faudra par contre monter les escaliers à pied, réduire la vitesse de nos trains et renoncer aux canettes en aluminium.

Soit dit en passant, un argument de plus pour « désurbaniser » (cf. supra), pour retrouver l'échelle des villages et des bourgs de quelques milliers d'habitants, car si de petites éoliennes sur un toit peuvent faire fonctionner quelques machines à laver, elles ne fourniront pas du courant à un immeuble de dix étages ! Sans parler du bois de chauffe... Il faudra également penser le ralentissement — sociétal, culturel — pour retrouver le temps nécessaire à un meilleur partage des équipements collectifs et à une consommation d'énergie plus basse. Et pour rester sur la lessive, il faudra peut-être lancer la machine quand le vent se lève (faire appel massivement à des batteries individuelles est une très mauvaise idée), et donc ne pas être trop loin de chez soi à ce moment-là ! Après tout, à l'époque pas si lointaine des moulins à vent, je suppose que le meunier faisait autre chose les jours de calme plat...

Quelle quantité d'énergie pourrons-nous produire, à terme, avec ces technologies plus basiques ? Cela dépendra beaucoup de la géographie locale. Et aussi de quoi l'on parle : énergie primaire ou énergie finale, le niveau de « perte » entre les deux dépendant des technologies utilisées (passage par le vecteur électricité ou non par exemple) et de leur rendement. Je vous passe les assommants calculs possibles.

Si je devais tenter un chiffre, je miserais sur 20 à 25 % de notre consommation actuelle, au mieux, essentiellement sous forme hydroélectrique en développant, en plus des barrages existants, des mini- et microstations (le retour des moulins, avec passage par la production électrique ou utilisation directe de la force mécanique pour éviter la perte de rendement générateur/moteur), avec en complément le bois de chauffe, un développement fort du solaire

thermique individuel et des éoliennes de petite et moyenne puissance, et ponctuellement des installations exploitant le biogaz.

Impossible d'atteindre un niveau si bas ? C'est à voir. Le niveau d'ambition n'a rien de choquant en tant que tel : pour preuve, le fort sérieux scénario 2011 de l'association négaWatt, qui pourtant ne prône pas vraiment une remise en cause de notre « confort », passe d'une consommation d'énergie finale de 160 Mtep en 2010 à 70 Mtep en 2050 avec 7 millions d'habitants supplémentaires, soit une division par 2,5 pour chaque personne.

Comme on l'a vu, il ne serait en réalité pas si difficile de réduire drastiquement la consommation énergétique, en travaillant essentiellement sur trois types de leviers (figure 19). Dans le résidentiel et le tertiaire, sur la consommation de chauffage (40 Mtep, 60 % de l'énergie finale du secteur), ce qui peut se faire en enfilant un pull et/ou en lançant un grand programme de rénovation thermique des bâtiments, mais avec le facteur limitant de l'effet parc (cf. acte I), car comment, de manière réaliste, rénover de fond en comble un million de logements par an ? Dans les transports, sur la réduction des besoins de mobilité et l'évolution des modes de transport (toute la gamme, du covoiturage au vélo) et sur la réduction du poids, de la vitesse et donc du niveau de gourmandise énergétique des véhicules restants. Dans l'industrie, tout simplement sur la baisse des besoins, par la réduction de la consommation des produits finis (allongement de la durée de vie, réutilisation) et le recyclage.

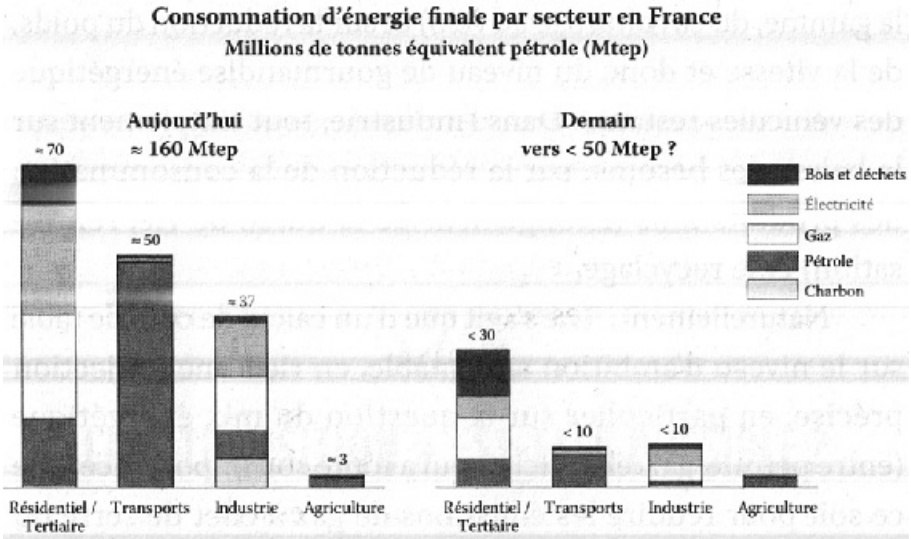


Figure 19 - Quelle évolution de la consommation énergétique ?
(Source : Statistiques ministérielles.)

Naturellement, il ne s'agit que d'un calcul de coin de table sur le niveau d'ambition atteignable, en rien une projection précise, en particulier sur la question du mix énergétique (entre pétrole/gaz/électricité) qui a toute son importance, que ce soit pour réduire les émissions

de gaz à effet de serre ou pour prendre en compte les contraintes d'approvisionnement ou de déploiement industriel des différentes technologies.

Acte IV : La transition est-elle possible ?

[267]Je vous propose maintenant d'aborder quelques réflexions sur les possibilités réelles de faire atterrir notre vaisseau fou, de mener la transition entre notre société en perdition et un monde de basses technologies, sobre en ressources. Quand bien même, techniquement, les propositions avancées seraient effectivement envisageables, on peut se montrer fort sceptique sur la possibilité réelle d'amorcer un tel virage, ou de donner un tel coup de frein dans notre monde en pleine accélération.

Ceci est évidemment dû à la violence des évolutions nécessaires, au contre-pied systématique par rapport aux tendances de fond en place depuis des décennies, voire des siècles, aux relents si « passéistes » et *a priori* si choquants pour les plus progressistes d'entre nous[54], mais aussi parce que nous n'avons abordé aucun des aspects culturels, sociétaux, moraux, politiques qui seraient nécessaires pour accompagner les évolutions techniques et organisationnelles, un autre rapport au travail ou de nouvelles pratiques de consommation, plus modérées.

Un tel « programme » peut-il susciter l'enthousiasme, *a minima* être « socialement acceptable » ? Compatible avec les différentes échéances démocratiques, si rapprochées et nécessitant des résultats rapides sous peine de sanction immédiate dans les urnes, avec les interactions internationales, avec la pression du système médiatique nourri aux recettes publicitaires, donc par nature opposé à toute forme de sobriété — tout cela dans un monde promis aux soubresauts financiers, géopolitiques et climatiques ? Le moins que l'on puisse dire, c'est que ce n'est pas gagné.

Impossible statu quo ?

Admettons qu'effectivement une transition d'une telle complexité est totalement inimaginable, quand bien même elle serait initiée puis portée par une majorité suffisante.

Pouvons-nous, à l'inverse, nous permettre de rester dans la mouvance actuelle ?

Quelques analyses possibles de la situation

Faites le test en prenant un interlocuteur au hasard, lancez quelques perches sur les difficultés actuelles et à venir du monde : il y a de bonnes chances pour qu'une personne sensée reconnaisse assez vite que les choses ne peuvent pas durer ainsi. Nous le savons tous plus ou moins implicitement, sans peut-être nous l'avouer complètement car la dissonance cognitive avec l'obligation de continuer à vivre au quotidien, de boucler les fins de mois ou d'inscrire la petite à la crèche, serait trop forte. Même les hommes politiques, même les ingénieurs et les cadres dans les entreprises qui, après avoir accepté et « organisé » la disparition de nombreuses activités ouvrières dans leur pays, voient leur propre position désormais fragilisée.

Les sondages d'opinion le montrent : la terreur des classes moyennes, c'est le déclassement, l'avenir hypothéqué des enfants. Après des générations de « progrès » technique et social, tout le monde se rend compte que les choses ont changé et que la vie sera plus dure pour les générations à venir : pour trouver un travail, un logement, une « place » décente, un espoir...

Chacun fait son analyse de la situation. Pour les uns, pétris de certitudes et bénéficiant d'un accès médiatique privilégié, la « France qui tombe » est à « réformer » : pas assez libérale, trop frileuse face aux avancées de la science, trop sociale, enferrée dans ses privilèges passés, pour relancer la croissance, s'insérer dans la compétition globale acharnée, devenir un pays de *winners* qui attire les capitaux et les talents mondialisés. Et c'est toujours mieux ailleurs, c'est bien connu. Mais la vue est un peu courte, les leçons d'économie politique bien simplistes, et la prospective tracée au double décimètre prolonge paresseusement les tendances passées.

Chez les autres, peut-être plus interrogatifs, on trouve des analyses de la « crise » sociétale de plusieurs types, qui ne sont [270] peut-être que les éclairages de différentes faces d'une réalité complexe, si difficile à appréhender. Toutes me paraissent contenir des éléments intéressants et pertinents.

La perspective « marxiste » estime que le ver est dans le fruit depuis le début. Avec la baisse tendancielle du taux de profit à la fin des années 1960, il a été nécessaire, d'une part, de mettre en œuvre une politique monétaire générant sciemment du chômage, pour maintenir la pression à la baisse sur les salaires, tout en favorisant l'endettement des ménages, d'autre part, pour maintenir la demande, donc la production, à un niveau suffisant. Mais l'endettement des ménages a atteint un niveau insupportable et l'État a dû reprendre une part de la dette pour maintenir le système à flot. Rendez-vous au prochain épisode avec la crise des dettes souveraines... Cette théorie a le mérite de coller plutôt bien avec les chiffres macroéconomiques depuis quarante ans.

Une autre lecture, plus « décroissante », ajoute, à la baisse du pouvoir d'achat pour cause d'endettement ou de chômage, la saturation de nos sociétés en objets manufacturés (le taux d'équipement des ménages), qui essouffle forcément la demande, même si nos ingénieurs et nos publicitaires font des miracles pour accélérer l'obsolescence technique ou culturelle des produits[55].

Selon les « peakistes » ou analystes des pics pétrolier et gazier, notre problème majeur vient de l'offre contrainte, de la tension sur des ressources énergétiques toujours moins accessibles. Selon certains économistes, la crise immobilière des *subprimes* aurait même été déclenchée par la flambée des prix du pétrole à l'été 2008, fragilisant les ménages endettés incapables à la fois de faire le plein et de rembourser leurs dettes. En tout cas, la baisse du rendement énergétique affecte la « richesse » de nos sociétés, car la production nette disponible pour la consommation des ménages est en baisse, tandis qu'une partie toujours plus importante est consacrée à la production de biens intermédiaires. La roue de la cage à hamster tourne de plus en plus vite, mais sans bénéfice réel pour les consommateurs finaux.

Dans la même lignée, les adeptes de Tainter[56] estiment que les sociétés industrielles atteignent un tel niveau de complexité, d'hyperspécialisation, d'échanges de flux physiques et informationnels, d'« optimisation », que le système devient instable et peut s'effondrer relativement facilement. Que l'on pense par exemple à Fukushima, qui a perturbé durablement l'industrie électronique, ou à l'éruption du volcan islandais (je manque de courage pour chercher son orthographe exacte). On ne peut qu'être frappé par les difficultés économiques récentes — économiques ou systémiques ? C'est toute la question — à soutenir des infrastructures toujours plus complexes et coûteuses. Il est probable que notre monde requiert, pour fonctionner correctement, une structure pyramidale avec une classe moyenne importante, docile et mimétique dans ses rites de consommation[57]. Impossible de faire voler un jet privé

dans un monde composé exclusivement de prolétaires. Il faut une classe moyenne, avec ses propres rêves, pour le concevoir, le fabriquer, le maintenir et y faire le plein : tout un monde d'ingénieurs, de mécaniciens, de techniciens, de géologues ou de soudeurs...

Enfin, les critiques du développement[58] analysent, à la sortie des années 1970, la crise occidentale à la lumière du déséquilibre croissant des rapports Nord-Sud, de la détérioration des termes de l'échange, de l'impasse de l'endettement (déjà) et de la collusion historique et pérenne entre État et capitalisme, et entre élites du Nord et du Sud.

Statu quo impossible

Que l'on partage ou non ces analyses, l'état de la planète est connu et les signes avant-coureurs de gros ennuis potentiels ou avérés sont là. Même les climato-sceptiques ne peuvent nier les alertes sur *tous* les autres paramètres. Certes, un changement de cap radical serait fort compliqué et risqué, mais le statu quo n'est-il pas pire ? Au-delà du danger physique d'un « effondrement » possible, nous allons littéralement devenir fous — individuellement et collectivement — devant les injonctions contradictoires permanentes.

C'est ainsi que nos élites politiques et économiques s'agitent de manière assez peu coordonnée, en tentant, le matin, de réindustrialiser la France, ou du moins de freiner les délocalisations, et en réclamant l'après-midi la relance de l'activité portuaire lors d'une visite au Havre. Comprenne qui pourra, puisque la santé des ports dépend avant tout des importations de conteneurs en provenance de Shanghai et d'ailleurs... De toute manière, l'accélération du monde, réelle ou perçue[59], met à bas toute tentative de planification politique et, de plus en plus, économique. On peut d'ailleurs voir dans de nombreux domaines les grandes entreprises préférer racheter des concurrents pour acquérir des brevets, des capacités de production ou des compétences, plutôt que de se lancer dans une aventure à risque, liée au manque de visibilité.

Quant à nous, nous sommes devenus des consommateurs « tyrans », nous voulons la qualité, l'efficacité, la réactivité, la disponibilité, la vitesse, la serviabilité, partout et tout le temps, et tout cela à des prix les plus bas possibles. Mais nous oublions que, au niveau sociétal, ce que nous exigeons comme consommateurs nous impacte comme producteurs. Oui, la société industrielle est devenue terriblement efficace et adaptable, mais ce que nous y avons laissé en

contrepartie est visible dans les délocalisations, le chômage et toutes les études sur le mal-être au travail...

Tout n'était pas mieux avant, loin de là. Mais à quoi ressemblera le monde dans trente ans si l'on continue au rythme des changements des dernières décennies ? Et comment un être humain normalement constitué pourra-t-il résister à une telle pression assortie d'une telle désespérance ?

Entre attentisme, fatalisme et « survivalisme »

Bref, avec un peu de bon sens et de curiosité, il n'est pas difficile d'arriver à la conclusion que « de toute manière ça va péter » et il faut une sérieuse dose d'optimisme pour raisonnablement croire à la survie de la forêt amazonienne. Je parie que même les plus obtus économistes ou adeptes du progrès en sont convaincus. Pour preuve : même les hiérarques du nucléaire, qui nous promettent des milliers d'années d'énergie abondante avec les surgénérateurs (malgré l'échec de Superphénix) ou la fusion (aux perspectives lointaines), souhaitent, *au même moment*, enfouir les déchets à longue durée de vie pour ne pas les exposer, dans quelques décennies, à un monde qui deviendra instable et dangereux[60]. Eux non plus ne croient pas au maintien d'un *macro-système* technique sur une durée longue ! Étonnant, non ? Donc, plusieurs pistes se présentent aux plus lucides.

L'attentisme est la plus pratique. Faire comme si l'on n'avait rien vu, rien entendu, requiert peu d'engagement au quotidien. Pas besoin de se préparer : si les choses tournent au vinaigre, on rejoindra la cohorte et on trouvera bien des gens pour gérer au mieux les ennuis, ils sont payés pour ça. Le fatalisme en est une version un peu maximaliste qui consiste à profiter du bon temps tant que ça dure, et à passer ses vacances aux Bahamas (ou plutôt aux Maldives, avant qu'elles ne disparaissent) au lieu de perdre son temps dans des réunions de « quartier en [275] transition » ou des conférences miteuses sur le pic pétrolier et les dangers des pesticides pour les abeilles. Évidemment, l'inconvénient de ces deux attitudes est le potentiel inconfort moral. Mais comme la morale est une « valeur » en perdition... Cependant, puisque vous avez ce livre entre les mains et en avez atteint le dernier quart, vous n'êtes pas fataliste, à moins que vous ne le lisiez aux Bahamas ! Reste à éviter l'écueil survivaliste.

Car la tentation du bunker peut être forte : j'ai tout compris, et je vais donc me préparer, moi, ma famille ou ma petite communauté. À ne pas confondre avec la volonté saine de décélérer, de se débrancher, à chaque fois que possible, en élevant des poules, en cultivant un potager, en se passant de voiture, en privilégiant un emploi local moins rémunérateur... Dans le trip survivaliste, la *check-list* est à décliner en fonction des moyens financiers et des inclinations de chacun : systèmes de production d'énergie et de traitement de l'eau autonomes, boîtes de conserve, pièces d'or, kalachnikov et munitions...

L'or présente un certain intérêt comme moyen — plurimillénaire ! — de thésaurisation (reconnaissons que la stratégie en vaut une autre en ces temps de crise financière récurrente) ou d'échange en temps troublés : quelques napoléons ne faisaient pas de mal pour mettre un peu de margarine dans les topinambours pendant la Seconde Guerre mondiale.

Mais laissez tomber la kalach destinée à juguler les hordes affamées, lancées sur les routes, et à protéger votre potager bio : si un tel effondrement de l'économie se produisait, au point que l'État ne parvienne pas à assurer les besoins de base des populations et que celles-ci se jettent sur les chemins, la métallurgie industrielle de précision n'y survivrait pas non plus... Que faire alors après la dernière cartouche ? Car il y a toujours une dernière cartouche, ce n'est qu'une question de nombre, et les envahisseurs sont toujours, par définition, trop nombreux. Pour durer dans un tel monde, il faudrait faire du *very low tech*, compter sur une vieille pétoire napoléonienne, produire du salpêtre à la cave pour fabriquer la poudre noire, couler ses balles à partir de minerai de plomb ? Bien compliqué. D'où le choix de certains d'une arbalète plutôt que d'une arme à feu. Alors ce n'est plus une vieille ferme isolée qu'il vous faut pour vous mettre à l'abri, mais un château fort ! Rien à espérer d'un repli sur soi survivaliste, car il nous faudra, au contraire et plus que jamais, vivre ensemble et *faire société*, pour le meilleur et pour le pire.

Les boîtes de conserve sont également inopérantes, à moins d'aimer manger très souvent des sardines à l'huile et du cassoulet en boîte, pour gérer les dates de péremption des stocks, dans l'attente fiévreuse d'un effondrement qui n'en finit pas d'arriver. Car le rythme et les modalités des évolutions inéluctables font débat : effondrement, débâcle, adaptation agrémentée ou non de soubresauts ? J'ai le sentiment, peut-être à tort, que ce ne sera pas un effondrement soudain, mais quelque chose comme une lente submersion, peut-être à l'échelle d'une vie humaine. Même si, avec le recul, les générations futures utiliseront peut-être ce terme, puisque nous parlons bien de la « chute » de l'Empire romain alors que les historiens s'accordent sur le fait que ce fut un processus politique, économique et social qui s'étala sur

plusieurs décennies au moins, parfois paisible localement, et pas une soudaine invasion de barbares sautant par-dessus le *limes*, la frontière romaine.

Pourquoi ? Parce que nous négligeons la grande *élasticité* de notre consommation. En Occident, nous en avons beaucoup « sous le pied » avant d'entamer les besoins fondamentaux : eau, nourriture, vêtements, médecine de base, déplacements quotidiens... Face à un renchérissement, même fort et brusque, du prix du pétrole, nous pouvons « assez facilement » réduire de 20 ou 25% la consommation mondiale, vu la part utilisée dans les voitures individuelles en Europe et aux États-Unis. Évidemment, sous la contrainte économique : face à l'augmentation forte des prix, les gens tailleront dans les loisirs, devront covoiturer pour se rendre au travail. Certes pénible (il faut se mettre à parler à son voisin de pavillon !), mais organisable en quelques mois tout au plus et sans mise à bas de l'économie. La nourriture et la baisse des rendements agricoles ? Mais un quart de la nourriture produite *finit à la poubelle* en Europe... Et en mangeant moins de viande (elle sera plus chère), on libère des quantités astronomiques de céréales ! Quant à l'électricité, le Japon, pour son malheur, nous a fait une démonstration éclatante de la rapidité à laquelle on peut ajuster la consommation à la baisse : presque du jour au lendemain, ils ont dû arrêter, durablement, l'ensemble de leur parc nucléaire et baisser d'au moins 20 % leur production. Comment ? En arrêtant la climatisation des immeubles, les escalators, en instaurant des restrictions dans les usines les plus énergivores... Et, que je sache, le Japon ne s'est pas effondré. Même si, depuis, ils ont relancé quelques centrales thermiques.

La chute de l'URSS a aussi été une situation d'effondrement, de la production, des valeurs, des administrations et de l'État, des services publics... Les choses se sont finalement « faites » avec des heurts plutôt limités, sans sous-estimer cependant les malheurs engendrés[61], la baisse de l'espérance de vie et de la natalité. Certes, les Russes en ont vu d'autres, et nombreux sont ceux qui cultivent, encore aujourd'hui, leurs jardins potagers. Tout dépend aussi de l'échelle à laquelle on regarde le sujet, et d'où ! Car si j'ai du mal à imaginer des hordes de sans-culottes armés de fourches marchant sur Versailles ou plutôt l'Élysée, il est clair que d'autres émeutes de la faim et révolutions éclateront ailleurs, poussant des migrants toujours plus désespérés vers des frontières toujours plus « sécurisées ».

Sans compter que beaucoup trop de puissants et de privilégiés de toutes sortes, qui contrôlent le système, ont à y perdre, et beaucoup plus que le citoyen moyen ou les populations les plus exploitées, au Nord comme au Sud. Le système oligarchique[62] fera donc tout pour se maintenir, jusqu'à *saturation*[63], quitte à guerroyer toujours plus dans les pays riches

en ressources et à saccager l'environnement jusqu'à l'extrême. L'apparition de techniques aux rendements ridicules, hier les sables asphaltiques de l'Alberta, au Canada, les agrocarburants des zones tempérées ou des panneaux photovoltaïques dans des zones nordiques, et demain des pétroles de schiste, en est le signe avant-coureur, et la confirmation que le système ne reculera devant aucune absurdité et aucune barbarie pour survivre.

En outre, croire à un effondrement brutal, financier, ou consécutif d'un pic pétrolier ou gazier, serait reproduire l'erreur, le péché originel marxiste, qui postulait la fin inéluctable et toujours prochaine du capitalisme par la baisse tendancielle du taux de profit. L'avenir a montré que les capacités d'adaptation, de récupération, de perversion et de manipulation de ce dernier lui ont permis de traverser toutes les épreuves et la plupart des régimes, y compris la Russie soviétique avec un capitalisme d'État et le fascisme du Chili de Pinochet.

Si nous ne tentons rien de novateur, je penche donc pour un scénario d'adaptation « aux forceps », adaptation douloureuse socialement et impactant profondément nos sociétés mais progressive tout de même. Et si je n'ai pas la prétention de détenir la vérité, cela m'évite d'avoir à stocker des boîtes de conserve et des fusils d'assaut, incompatibles avec mes objectifs de sobriété métallique. Reste à savoir si nous voulons tenter quelque chose d'autre que ce statu quo, ce serrage de ceinture généralisé, ou presque, puisque, dans un tel scénario, les oligarques s'arrangeront pour continuer à faire bombance, dans une société toujours plus sécuritaire afin de protéger leur pré carré. Auquel cas, il nous faut affronter au moins quatre questions majeures.

La question majeure de l'emploi

[280] La *défense de l'emploi* est l'argument numéro un invoqué pour continuer à accélérer malgré le mur, et empêcher toute radicalité dans l'évolution réglementaire. C'est au nom de l'emploi que l'on nous vante les gaz de schiste, que l'on maintient les sacs plastique (une filière d'excellence pour la Haute-Loire), que nos présidents fréquentent les dictateurs pour leur vendre du matériel militaire ou des projets de génie civil. Et la terreur de détruire des emplois est légitime, sur fond de chômage récurrent depuis quarante ans, au point que des syndicats eux-mêmes s'y laissent parfois piéger en défendant la fabrication d'armes ou des sites chimiques

et métallurgiques affreusement polluants.

Bien sûr, avec un tel programme de basses technologies, nous mettrions à mal directement, mais aussi indirectement, par un effet domino difficile à anticiper et à conceptualiser, de nombreuses activités économiques. Des entreprises fermeraient ou délocaliseraient. Bon, après tout, c'est ce qu'elles font *déjà* depuis des décennies, sous le double coup de la chute négociée des barrières douanières et de la baisse drastique des coûts de transport. Oui, mais tout est une question de rythme... Les délocalisations sont progressives, la désindustrialisation régulière mais rampante, cela a permis à la société, cahin-caha, de s'adapter sans laisser trop de monde en même temps au bord de la route du « progrès », avec un taux « tenable » — au moins vu de Bercy et de la Place Beauvau — de 10 à 15 % de la population active au chômage ou en temps partiel subi.

On imagine bien que nos usines de production d'aluminium, gourmandes en électricité pour transformer la bauxite importée, auraient tôt fait de s'installer ailleurs si nous stoppions les centrales nucléaires sans leur offrir un équivalent gazier (assez facile, à condition de bien s'entendre avec la Russie ou le Qatar) ou éolien (bien plus difficile si l'usine ne peut souffrir une production irrégulière).

Bon, d'accord, et alors ? *Que se vayan todos*, qu'ils s'en aillent tous ! Dans un monde sobre en technologie et en consommation, qu'avons-nous à faire en effet d'une production massive d'aluminium, qui sert aujourd'hui à fabriquer des portières de voiture, des encadrements de fenêtres pour les tours de bureaux et des emballages individuels pour les gâteaux industriels à l'huile de palme ? Nous emballerons nos sandwichs 100% bio dans un torchon ou une boîte réutilisable au lieu du papier aluminium, et achèterons les yaourts (dont il ne vous aura pas échappé qu'ils se sont dotés, vers la fin du siècle dernier, d'un opercule « innovant » en aluminium/plastique) à la crèmerie du quartier, en rapportant nos petits pots en verre de modèle universel, réutilisables partout, voilà tout !

Cette réflexion, on peut la faire, à condition de nous assurer que nous serions capables d'accepter, d'assumer, de gérer les conséquences sociales — inévitables — de la transition. Car si nous pouvons voir partir ou disparaître sans hésiter telle ou telle activité *nuisible*, il n'est pas question de laisser sur le carreau les salariés ou les emplois qui en dépendent, sans leur offrir une solution immédiate et tangible, pas seulement la lointaine perspective d'une société plus harmonieuse, où les temps seront meilleurs. La question de l'emploi est donc majeure.

Hommage à George Orwell

Le changement radical de modèle économique, indispensable pour éviter l'effondrement environnemental, est aussi éminemment souhaitable d'un point de vue social. « La croissance, c'est l'emploi », nous martèlent depuis des décennies de prétendus experts, l'ensemble des médias et des puissants. Orwell aurait pu ajouter cette sentence à ses célèbres oxymores « *War is peace* » (la guerre, c'est la paix) et « *Freedom is slavery* » (la liberté, c'est l'esclavage)[64].

Car cette croissance, celle de la grande distribution, de l'agroalimentaire et de leur corollaire l'agriculture intensive, de la *machinisation* systématique, des gains de productivité par consommation accrue d'énergie et de ressources, de la concentration maximale des activités pour jouer les effets d'échelle, des arbitrages territoriaux en temps réel, détruit naturellement beaucoup plus qu'elle ne crée d'emplois. Les pays « industrialisés » n'ont maintenu un niveau d'emploi à peu près raisonnable que grâce à deux subterfuges.

Premièrement, en augmentant la consommation matérielle, celle des objets, jusqu'au tout-jetable qui en est l'ultime limite pour les citoyens, ou à travers les dépenses du complexe militaro-industriel pour les États (faire exploser un missile *high tech*, c'est l'obsolescence programmée absolue, le rêve), et celle des services, avec l'apparition de nouveaux besoins, comme les télécoms, ou la financiarisation de ce qui ne l'était pas auparavant, comme les cours de soutien scolaire. Deuxièmement, en complexifiant le système, public et privé, ce qui crée mécaniquement des emplois (de managers, de comptables, de juristes...). Galbraith[65] a bien montré comment tout groupe industriel a vocation à croître, s'internationaliser et se complexifier, ne serait-ce que pour offrir un *cursus honorum* à ses cadres dirigeants.

Parallèlement, la compétition de tous contre tous nous empêche de répartir équitablement le travail, et la surconsommation de profiter sous forme de loisir des gains de productivité... tandis que la compétition entre territoires — sous forme de dumping fiscal, social et environnemental — rend obsolète toute stratégie de relance keynésienne, car toute augmentation du pouvoir d'achat entraîne une consommation extraterritoriale sans retombées bénéfiques locales.

Tentative de robinsonnade

Puisque la fermeture d'usine est devenue la terreur des temps modernes, surtout en période électorale, attaquons la question de front et tentons de comprendre ce qu'il adviendrait en nous inspirant des « robinsonnades » des économistes, comme les appelait Marx. Comme ceux-ci essayaient — et essaient encore, avec quelques formules mathématiques compliquées pour masquer les indigences du raisonnement — d'expliquer les comportements et les choix des « acteurs économiques » en réduisant leur nombre et celui des sollicitations possibles, à la façon d'un Robinson et d'un Vendredi coincés sur leur île, prenons à titre didactique la disparition d'une usine de canettes en aluminium française (mais si, il y en a encore). Bien sûr, nous pourrions choisir tout autre objet ou service qu'il vous plaira de considérer comme inutile ou nuisible : engrais artificiels, pesticides, armes, automobiles 4 x 4 ou non, produits jetables, emballages, services de marketing ou de publicité...

Du jour au lendemain, imaginons, admettons que nous n'avons plus besoin de ces canettes, parce que nous n'en avons plus l'usage, ou que nous avons décidé ensemble, dans un grand élan écolo-liberticide, de nous en passer car leur fabrication ou leur utilisation est trop polluante, et que, suite à un décret d'interdiction des canettes sur tout le territoire (diantre !), qu'elles soient importées ou *made in France*, l'usine ferme brutalement ses portes. En considérant, dans un premier temps, que l'on stocke sagement les productions des fournisseurs de l'usine, comme les bobines d'aluminium, la fermeture ne change fondamentalement *rien*, aux bornes de la « société France », pour toutes les autres productions : à côté de l'usine fermée, les mêmes quantités de nourriture, de vêtements, de mètres carrés de logement, de services de transport, continueront à être produites. Le nombre d'habitants n'ayant pas [285] changé entre-temps, nous pourrions donc maintenir la même consommation, à l'exception, bien sûr, des canettes devenues inutiles.

Le seul problème — de taille ! — c'est la mise au chômage du personnel de l'usine. Comme ils perdront leur pouvoir d'achat, leur capacité à consommer la production du reste de la société (nourriture, vêtements, logements...) sera fortement réduite, la répartition des richesses sera modifiée. Mais imaginons que l'on mette ces nouveaux chômeurs, répartis par moitié, les uns à creuser des trous devant l'usine, les autres à les reboucher, et qu'ils touchent

leur ancien salaire pour cela : prière de ne pas rire, cette méthode a réellement été appliquée après la révolution de février 1848 dans les chantiers des Ateliers nationaux — mieux valait distribuer un peu d'argent que gérer de nouvelles révoltes — mais aussi proposée par un Keynes un peu provocateur pour lutter contre le chômage. Ou alors, si vous vous sentez l'âme saltimbanque, que tous deviennent jongleurs, montreurs d'ours ou musiciens, et égaient les rues de la désormais mal nommée Canette-ville. Alors, il ne se passerait rien de plus que l'apparition d'une atmosphère joyeuse et musicale sur les places et dans les cafés, où l'on consommerait des boissons produites localement et artisanalement par les anciens ouvriers au temps libéré, et embouteillées dans du verre consigné, cela va sans dire.

Conclusion de notre robinsonnade : bien sûr la baisse de la consommation, donc de la production, mettrait en danger des emplois. Mais il suffirait de trouver un mécanisme pour éviter, ou limiter fortement, les conséquences sociales de la fermeture massive de certaines activités : par le maintien du salaire « à vie » grâce à une assurance chômage étendue, par la mise en place d'un revenu universel de base, par la réduction et le partage du temps de travail, ou par les trois à la fois. Ceux qui continueraient à travailler ne seraient pas étouffés sous les impôts, il resterait largement assez de « tout le reste ». Plus facile à dire qu'à faire, mais l'idée générale serait donc de faire décroître la consommation du superflu de pair avec les emplois correspondants, tout en maintenant la cohésion sociale.

Détail critique : la balance des paiements

En fait, notre robinsonnade passe sous silence un petit détail : si les canettes, si inutiles soient-elles, étaient en partie exportées, la disparition de l'usine modifie alors la capacité de consommation du pays, car elles servaient à payer la contrepartie des biens importés, à équilibrer la balance des paiements. Celle-ci a influencé l'ensemble des relations géopolitiques jusqu'à ce jour. On a tendance à oublier son importance depuis le passage à l'euro, l'Allemagne exportant à notre place. Et tant que la Chine convertit son solde positif en bons du trésor américains ou européens, c'est-à-dire en monnaie de singe, électronique, tout va bien.

On a vu comment les Romains et leurs dépenses ostentatoires avaient besoin des mines d'Espagne ou d'Illyrie pour équilibrer leur solde commercial déficitaire avec l'Arabie et

l'Orient. Au XIXe siècle, un des exemples les plus frappants fut le triptyque thé/argent/opium du commerce sino-britannique[66] : la consommation de thé des Anglais ayant explosé dans le dernier quart du XVIIIe siècle, et les Chinois n'acceptant que le cuivre, l'or et l'argent en monnaie d'échange, l'East India Company dut trouver une marchandise à échanger avec eux, pour équilibrer le flux d'argent métal : l'Europe était littéralement asséchée. Or la Chine était autonome en alimentation, en textiles, en produits de la vie courante... Ce fut donc le commerce illégal de l'opium — virilement soutenu à la canonnière — qui résolut le problème.

Aujourd'hui, rien n'a vraiment changé, même si les échanges internationaux et des produits financiers plus complexes ont rendu le sujet nébuleux. Pour importer tous nos produits, nous vendons de l'aéronautique et des céréales. Vous voulez consommer du gaz naturel liquéfié et changer de téléphone portable ? Pour équilibrer au mieux la balance commerciale, il faut bien vendre quelques chars, missiles, de l'immobilier ou des clubs sportifs au Qataris, et accueillir les touristes chinois au Mont-Saint-Michel puis leur vendre quelque expertise en alternateurs pour centrales à charbon.

Il serait donc possible de décroître à la fois, et pourquoi pas de manière coordonnée, en quantité de consommation et en quantité de travail, mais à condition de ne pas trop dégrader le solde des imports-exports et, idéalement, de commencer par renoncer à nos nombreux produits importés, quitte à relocaliser la production pour les plus essentiels.

Je consomme, donc je crée des emplois...

Il est aussi normal que nous paniquions collectivement à la perspective de baisser la consommation, car dans le florilège des idées reçues, on trouve en bonne place le fait que la consommation crée l'emploi, et donc que le chômage actuel est en partie dû au « manque de confiance des ménages ». D'une certaine manière, c'est vrai bien sûr, mais on pourrait aussi bien considérer, en regardant par l'autre bout de la lorgnette, qu'il s'agit avant tout de se partager une quantité de production et de temps de travail.

Ainsi, au lieu de dire que telle ou telle catégorie (les seniors, les riches, les bobos...) au pouvoir d'achat supérieur à la moyenne de la population « crée de la richesse » et « crée des emplois » par sa consommation, on pourrait tout aussi bien dire qu'elle crée un surcroît de

travail pour la population active. Sans la consommation ostentatoire des riches — au lieu de l'usine à canettes, l'ensemble du système industriel nécessaire à la fabrication et à l'entretien des yachts de luxe -, nous pourrions toutes et tous travailler un peu moins, à condition, encore une fois, de savoir se répartir le temps libéré de manière équitable. Les produits de luxe consomment des ressources rares, mais aussi et surtout du temps de classe ouvrière ou de classe moyenne.

Des économistes pourraient nous faire le calcul : combien de jours travaille-t-on dans l'année pour « payer » les avions privés et les loisirs de nos milliardaires parasites (pardon, de nos entrepreneurs créateurs d'emploi) ? En France, je dirais que l'on peut approcher l'ordre de grandeur en partant du taux de rémunération du capital. Si, disons, il est autour de 10 ou 15%, alors nous turbinons tous, en moyenne, vingt à vingt-cinq jours par an pour l'oligarchie « parce qu'elle le vaut bien ». Dans certains pays du Sud, exploités à travers le prix d'achat dérisoire des matières premières, c'est sans doute beaucoup plus.

Quel bilan ?

Le retour à une consommation plus paisible, fondée sur des objets réparables, sur des circuits économiques courts, ancrés localement, pourrait très bien créer de nombreux emplois. Il y a fort à parier que l'évolution souhaitable dans l'agriculture (de plus petites exploitations, plus intensives en travail humain), dans l'artisanat (pour fabriquer et entretenir des biens durables), dans les services (le retour de l'humain contre la machine, le commerce de proximité), devrait être pourvoyeuse d'emplois. À l'inverse, la réduction de la consommation devrait en détruire aussi beaucoup.

Quel pourrait être le bilan global de notre programme ? Devrons-nous travailler plus ou moins dans un monde de basses technologies ? Il serait absolument illusoire de se lancer [290] dans des calculs économétriques pour déterminer le nombre d'emplois ou la durée de travail hebdomadaire de ce monde désirable de moulins, de vélos et de dentifrice « maison ». D'abord parce que le caractère systémique, imbriqué, interconnecté de notre économie rend l'exercice inenvisageable. Mais surtout parce qu'un calcul « en emplois » ne voudrait pas dire grand-chose, compte tenu de plusieurs paramètres variables : le rapport entre emplois salariés et non salariés ;

le rapport entre travail économique et travail domestique (moins d'emploi rémunéré mais plus de temps passé à la maison pour préparer le dentifrice et s'occuper du potager...) ; la manière de répartir la durée de travail hebdomadaire ; la possibilité de partager son temps entre un emploi rémunéré et un emploi bénévole qui contribue au bien de la société...

Cette précaution méthodologique étant prise, tentons quand même un « calcul » de coin de table : car dans ce monde peut-être formidable, mais où il faudra mettre un pull et avoir froid, se déplacer à vélo qu'il pleuve ou qu'il vente, bêcher le jardin ou s'occuper du cochon et des poules, remplacer les « techno-parades » par des concours de lyre et de flûte de Pan, pourrons-nous au moins nous la couler un peu plus douce qu'aujourd'hui ?

Au mieux, nous pourrions espérer atteindre la borne basse des « deux heures par jour »[67], ou au moins les quatre ou cinq heures par jour des chasseurs-cueilleurs[68]. Malheureusement, il sera sans doute difficile d'arriver à un tel niveau car la population est désormais trop concentrée : il faut travailler pour produire les services qui compensent le fait que nous vivons les uns sur les autres, des dizaines à des milliers d'habitants au kilomètre carré contre deux ou trois chez les chasseurs-cueilleurs ; il nous faut une agriculture plus intensive à l'hectare, une meilleure médecine pour lutter contre la proximité microbienne, un réseau d'eau potable et d'assainissement irréprochable, un système de transports pour acheminer la nourriture et évacuer une partie des déchets.

Dans un monde de basses technologies, les effets « négatifs » sur l'emploi seraient principalement induits par la réduction globale des besoins, par la disparition d'une partie de la consommation (comme l'abandon de la majorité des véhicules individuels, ou la baisse de la consommation de matières et d'énergie...). Les effets « positifs » seraient au contraire une certaine « démécanisation » dans l'agriculture, l'industrie et les services ; le développement, l'apparition ou la réapparition de services d'entretien, de dépannage et de réparation ; le meilleur partage du temps de travail offrant la possibilité de « ralentir » et de retrouver un meilleur équilibre entre vie professionnelle, temps de transport, vie familiale ; la possibilité de développer d'autres activités, rémunérées ou non, à caractère culturel, associatif...

Essayons maintenant de quantifier ces effets positifs et négatifs sur les différents secteurs d'activité (figure 20). L'agriculture compte 650 000 emplois salariés et non salariés, auxquels il convient d'adjoindre ceux du secteur agroalimentaire qui sont intimement liés au fonctionnement du système agricole actuel, soit un total de 1,2 million. Le développement massif de l'agriculture biologique, plus intensive en main-d'œuvre, devrait être un gisement

d'emplois très important, ainsi que la « démécanisation » partielle, en maraîchage et en élevage, mais surtout pas en grandes cultures. Cultiver de petites parcelles en maraîchage biologique « intensif » permet de créer plusieurs emplois à l'hectare ! À l'inverse, des emplois devraient disparaître dans l'agroalimentaire, sûrement largement compensés par le développement des circuits courts dans la distribution.

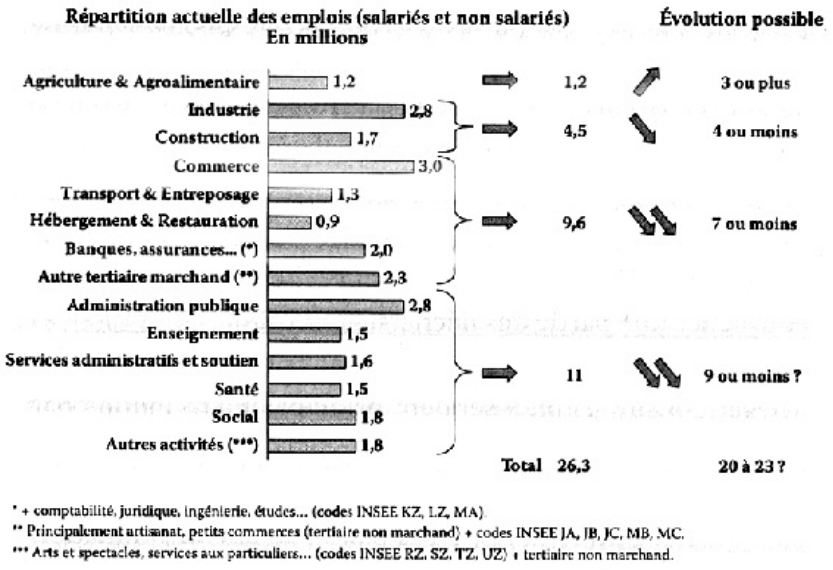

Répartition actuelle des emplois (salariés et non salariés)
En millions
Évolution possible
Agriculture & Agroalimentaire 1,2
Industrie 2,8
Construction 1,7
Commerce 3,0
Transport & Entreposage 1,3
Hébergement & Restauration 0,9
Banques, assurances... (*) 2,0
Autre tertiaire marchand (**) 2,3
Administration publique 2,8
Enseignement 1,5
Services administratifs et soutien 1,6
Santé 1,5
Social 1,8
Autres activités (***) 1,8
1,2
3 ou plus
4,5
4 ou moins
9,6
7 ou moins
11
9 ou moins ?
Total 26,3
20 à 23 ?
* + comptabilité, juridique, ingénierie, études... (codes INSEE KZ, LZ, MA)
** Principalement artisanat, petits commerces (tertiaire non marchand) + codes INSEE JA, JB, JC, MB, MC.
*** Arts et spectacles, services aux particuliers... (codes INSEE RZ, SZ, TZ, UZ) + tertiaire non marchand.

Figure 20 - Travailler deux heures par jour ?
(Source : INSEE.)

Au total, je dirais qu'il faudrait au bas mot tripler le nombre d'emplois dans le secteur, pour atteindre plus de 3 millions — rien de révolutionnaire quand on regarde certains pays voisins comme l'Italie ou la Pologne, ou notre passé proche. Un « retour à la terre » d'une certaine ampleur qui serait bienvenu pour stopper l'étalement urbain et la saturation des grandes métropoles, donc cohérent avec le reste de nos orientations.

C'est dans l'industrie et la construction que l'on imagine le plus aisément les effets « négatifs » d'une baisse drastique de la consommation ou des programmes publics de travaux et d'aménagement. Notons cependant que l'ensemble des emplois concernés n'est « que » de 4,5 millions, à peine 17% du total actuel.

Deux effets s'opposeront : d'un côté, l'arrêt pur et simple ou la réduction d'activités, de l'autre, le développement des activités de réparation, de l'artisanat dans la construction, voire une « réindustrialisation partielle » avec la relocalisation d'activités, une augmentation de l'intensité en main-d'œuvre dans certaines industries avec de plus petites unités, plus proches des bassins de consommation, mais un peu moins productives. Le résultat est une inconnue de taille, car le nombre d'emplois restants, ou créés, dépendra du taux de productivité, qui est lié à la consommation d'énergie ou de matière : on peut se mettre à vingt cantonniers pour creuser

un trou ou une tranchée, ou utiliser une tractopelle au diesel.

Le nombre d'emplois dans l'industrie dépendra donc de ce que nous continuerons à consommer, mais surtout de la manière dont nous le produirons, entre nécessité d'économiser l'énergie et besoin d'éviter le retour à une trop grande pénibilité du travail. Il faudra ici encore choisir nos combats. Au total, le nombre d'emplois pourrait très bien rester assez stable, ou peut-être baisser légèrement, par rapport à aujourd'hui.

Dans les services marchands, certaines activités devraient être lourdement impactées par la baisse de la consommation, la relocalisation des activités et le développement des circuits courts. Ce devrait être le cas dans la grande distribution, ou les transports et l'entreposage, qui représentent à eux seuls 1,3 million d'emplois, malgré l'efficacité redoutable des camions semi-remorques ! Ce qui en dit long sur notre besoin pressant de tout transporter, tout le temps, sur de longues distances, et sur la structure de l'économie avec des sous-traitances en cascade qui génèrent des besoins d'entrepôts, de bases logistiques, et de plateformes multimodales.

On peut espérer que les métiers comme les services financiers, bancaires, comptables, juridiques, d'ingénierie, d'études et de contrôle, suivront la tendance générale à la baisse, voire de manière accélérée : en partant d'un système tertiaire hypertrophié, où de nombreux métiers sont apparus pour gérer la complexité mais sans produit de sortie vraiment tangible vu du consommateur final (on perçoit intuitivement que le plombier et l'avocat fiscaliste ne jouent pas dans la même catégorie), une simplification ne ferait pas de mal. Avec la baisse de la consommation, de nombreux métiers induits pourraient suivre : [295] marketing et études de marché, avocats et juristes spécialistes du droit de la concurrence, comptables spécialistes en consolidation de groupes internationaux...

À l'inverse, sur les restes d'une grande distribution qui ne peut pas survivre — aux enjeux liés à l'utilisation de la voiture, à la consommation d'espace, à la nécessité de réduire les emballages — pourraient réapparaître de très nombreux emplois dans le commerce de proximité, ainsi que dans certains métiers d'accueil et de service grâce à une « démachinisation » intelligente.

Le bilan général pourrait donc être une relative stabilité dans l'industrie, et un transfert massif des services vers l'agriculture. Votre conseiller clientèle se mettrait ainsi à moissonner autre chose que votre compte en banque !

Restent les activités des administrations, de l'enseignement, de la santé, du secteur social, les services non marchands... Une part énorme des emplois aujourd'hui, au bas mot un bon

tiers. Comment cela pourrait-il évoluer ? C'est le saut dans l'inconnu. Au-delà de la sempiternelle question de l'efficacité de l'administration publique, combien de policiers ou de juges seront nécessaires ou souhaitables ? Pourra-t-on en réduire le nombre si la société est devenue moins inégalitaire et moins ostentatoire ? Tombera-t-on moins malade quand l'environnement sera moins toxique, quand la plupart des voitures et la malbouffe auront disparu ? Le ralentissement permettra-t-il de faire moins de malheureux et de désœuvrés, et de désengorger les services sociaux ? De l'ordre de 300000 personnes travaillent aujourd'hui dans les métiers des arts, des spectacles et les activités récréatives. Pourquoi ne pourrait-on pas doubler ou tripler ce chiffre, en multipliant les concerts, les spectacles, les pièces de théâtre, les festivals ?

Enfin, il y a le paramètre de la partie salariée ou non salariée de nos activités domestiques. Plusieurs centaines de milliers de personnes travaillent pour des particuliers employeurs (ménage, jardinage...), et cette proportion peut évoluer à la hausse ou à la baisse en fonction du type de société que nous voudrons. Celle, comme aujourd'hui, où toutes les heures des êtres humains ne se valent pas, loin de là, ou bien une autre, où nous trouverions le moyen de mieux répartir les tâches pénibles et indispensables ? Cette question pourrait même impacter l'emploi dans les services aux entreprises : imaginez que l'on décide que chaque employé doit nettoyer à tour de rôle les toilettes (ô doux souvenirs du temps de la conscription), même le directeur général, dans un effort collectif et solidaire pour répartir équitablement cette tâche ingrate !

In fine, nos 26 millions d'emplois à plein temps (et les 3 millions de chômeurs, plus les non-inscrits et les temps partiels subis) pourraient devenir, disons, de 20 à 23 « équivalent emplois », soit, en répartissant équitablement les efforts, autour de trois jours de travail par semaine pour chacun. Rien de catastrophique, ni d'inimaginable, et une perspective de nature à compenser quelques efforts sur notre consommation quotidienne. Débarrassés des voitures, des babioles importées, des écrans plats intempestifs, nous pourrions consacrer notre temps retrouvé à jardiner, à lire, à passer du temps ensemble, à restaurer nos paysages et nos villes, à nous déplacer plus doucement, bref, à embellir nos vies.

La question de l'échelle : les leçons de l'abolitionnisme anglais

Le deuxième argument opposable à un changement de cap aussi radical est le fait que l'économie est désormais globalisée. D'une part, nous avons pris un certain nombre d'engagements (tant européens que mondiaux à travers par exemple l'Organisation mondiale du commerce) que nous aurions du mal à tenir, entraînant des sanctions, des représailles ou des exclusions dommageables ; d'autre part, les échanges internationaux de biens et services et de capitaux sont tellement imbriqués qu'il serait impossible de mener à bien le moindre programme d'ampleur. Comment se lancer dans une aventure aussi extravagante de ralentissement et de relocalisation, tandis que l'ensemble du monde accélère et que les échanges s'intensifient ? Difficilement imaginable. Et à quelle échelle pourrait donc se mettre en œuvre notre transition ?

À l'échelle planétaire, grâce à la mise en place d'une gouvernance mondiale salvatrice ? On aura beau s'acharner à lire *Libération*, s'indigner-sur-réseau-social des injustices de ce bas monde ou cliquer sur des « e-pétitions » pour la défense des causes perdues, au fond nous savons bien qu'il n'y a rien à attendre d'une quelconque organisation mondiale. Les quelques tentatives, comme l'accord de Kyoto, sont édifiantes pour ne pas dire comiques, et autant en tirer rapidement la conclusion : on ne se mettra *jamais* d'accord avec cent quatre-vingts autres pays, dont certains pas très commodes et fort influents, et *ce quel que soit le niveau de dégradation de la planète*. Tant qu'à enterrer nos espoirs, il en est malheureusement de même à l'échelle de l'Europe, en tout cas celle des Vingt-Huit (j'allais dire Vingt-Sept). Trop de divergences. Il ne s'agit alors pas de tenter un stupide repli nationaliste, mais de reconnaître les limites du faisable et, au lieu de s'acharner à chercher des consensus mous, de trouver ce que nous pouvons construire intelligemment avec nos voisins et partenaires.

À l'échelle individuelle, grâce à la simplicité volontaire, à la modération choisie — pourquoi pas, elle a le mérite de l'exemplarité, mais combien d'ascètes sont prêts à mener un combat de tous les jours, enchâssés dans un monde de sollicitation permanente et, souvent, de consommation obligatoire ? — ou à la possibilité de peser sur les « marchés », les modes de production, en tant que « consomm'acteur » ? Passons sur cet affreux néologisme. Bien sûr, des campagnes activistes ciblées sur un produit ou une gamme de produits, voire une marque précise, peuvent se révéler payantes. Mais de là à transformer le système entier... Car nous vivons dans un marché de l'offre, pas de la demande, le système économique et industriel est poussé par les producteurs, et les consommateurs subissent. Contrairement à l'adage, le client n'est pas roi mais achète ce qu'il trouve. J'ai mis longtemps à trouver du beurre bio et demi-sel, qui a fini par arriver un jour dans les rayons.

À l'échelle d'un territoire, en travaillant sur sa résilience, sa résistance aux chocs à venir, en multipliant les expériences locales, collectives, les interpellations des élus municipaux, comme dans le mouvement des « villes en transition » lancé en Angleterre et qui se développe ? C'est à cette échelle que se cantonnent ceux pour qui la collusion entre (méchant) Capitalisme et État (répressif et/ou indécrottable *croissanciste*) est irréversible. La démarche est intéressante bien sûr, elle permet des prises de conscience, des échanges, des expérimentations et des inventions, qui pourront être utiles et déployées ailleurs un jour. Mais les moyens d'action sont forcément limités, sans accès aux décisions de la puissance publique...

Reste l'échelle intermédiaire, qui pourrait aller d'une région ou d'un groupe de régions à un État ou un petit groupe d'États dont les intérêts et l'histoire sont suffisamment convergents. En Europe, cela pourrait donner par exemple la France, la Belgique, l'Allemagne et l'Italie. Ou les régions alpines entre la France, l'Italie et la Suisse, etc.

À cette échelle d'abord, il est possible de raisonner et de prendre des décisions. Chaque pays, chaque territoire possédant une histoire et une situation propres, il ne peut y avoir de solution planétaire « toute faite ». De la même manière que le bon *mix* d'énergies renouvelables dépend de chaque lieu, en fonction de l'ensoleillement, du vent, des capacités hydroélectriques, de la biomasse disponible, etc., de même les [300]choix des bonnes solutions, les arbitrages, les renoncements, ne peuvent que s'ancrer dans les cultures locales, l'urbanisme existant, les activités économiques en cours. Dans certains cas, ce sera délicat et ce ne peut être qu'aux populations locales de décider. Que fera-t-on de zones industrielles gigantesques comme les ports de Rotterdam ou Shanghai, ou des conurbations américaines ou chinoises ? Sûrement pas la même chose qu'à Niort ou à Rennes... Retrouvons un peu d'humilité, et avant de donner des leçons au reste de la planète — une fâcheuse habitude paternaliste que nous avons prise avec nos colonies puis l'aide au « développement » — chacun devrait commencer par balayer devant sa porte.

Mais surtout, à cette échelle, quelle capacité de changer les choses ! Par certains côtés, le bon vieux colbertisme avait du bon. La puissance d'action de l'État et des collectivités, malgré les reculs des dernières décennies, reste considérable, tant par les possibilités normatives, réglementaires, législatives, que par le volume énorme de leurs achats et l'engagement civique (souvent) de leurs agents. Pour ne prendre que deux exemples, imaginez ce que pourrait être l'impact, sur les filières économiques, d'une généralisation immédiate des repas bio dans les cantines ou les administrations, ou bien de prescriptions obligatoires plus fortes dans les cahiers des charges techniques des bâtiments...

Vous restez sceptiques sur la possibilité pour un pays de se lancer seul dans l'aventure ? Il existe pourtant bien dans l'Histoire quelques exemples, comme la Révolution française ou l'abolition de l'esclavage par les Anglais. Ce dernier cas est exemplaire. D'abord, l'Angleterre vote, de manière unilatérale, l'abolition de l'esclavage en 1833. Il ne manquait pourtant pas d'économistes et de « décideurs » pour expliquer que cela allait grever le budget des plantations et mettre à mal la compétitivité du pays et les petites entreprises familiales. Ensuite, elle applique avec constance, dans les décennies suivantes, une diplomatie volontariste fondée sur le bilatéralisme, après avoir renoncé au multilatéralisme (déjà) inopérant, faisant pression sur les autres États, pour les faire plier et voter eux aussi l'abolition. Enfin, ils engagent une force navale dans l'Atlantique, le *British African Squadron*, pour faire la course aux bateaux négriers et augmenter la pénibilité, donc le coût, du doux commerce triangulaire. Certes, l'empire britannique était la superpuissance de l'époque, et leur bilatéralisme forcené était sans doute conduit avec certaines arrière-pensées hégémoniques...

Alors qu'est-ce qu'un pays, ou petit groupe de pays, pourrait bien décider de manière unilatérale ? De nombreux biens et services sont échangés avec l'ensemble de la planète, mais une large part de l'économie reste cependant nationale, et les échanges avec les pays frontaliers sont en général majoritaires. Qu'est-ce qui, foncièrement, nous empêcherait de revoir dès maintenant les règles d'urbanisme en profondeur, pour mettre fin à l'étalement urbain et réduire les déplacements ? De transformer radicalement notre système de gestion des déchets ? De lancer un programme massif de soutien et de conversion à l'agriculture biologique, de remembrement agricole vers de petites parcelles et des haies, de rééquilibrage des activités de culture et d'élevage ? D'abandonner les stupides programmes de lignes ferroviaires à grande vitesse, d'autoroutes, de routes, de tunnels géants ? De revoir notre fiscalité pour mieux arbitrer entre main-d'œuvre, énergie et matières premières ? De faire évoluer notre échelle des valeurs pour mieux reconnaître socialement l'artisanat et les métiers manuels ? De réorienter drastiquement la recherche publique, l'enseignement ? Objectivement, rien.

L'équivalent du bilatéralisme forcené pourrait prendre la forme de barrières douanières à l'entrée, sous forme de taxes ou de pressions normatives et réglementaires. Voilà un autre tabou à faire tomber : la propagande nous a fait assimiler et confondre protectionnisme et nationalisme. En réalité, le protectionnisme est pratiqué sans vergogne par à peu près tout le monde sauf l'Europe, à commencer par les États-Unis et la Chine. Des barrières douanières ne signifient pas une économie fermée. Les importations et les exportations continueront à exister, mais sous une forme qui devrait se rapprocher de l'ancien « commerce au loin », où l'on

échangeait en général plus de matières premières que de produits finis.

Les barrières douanières, à définir et à ajuster, permettraient de protéger la production locale (je ne vois pas bien, sinon, comment l'élevage de petite échelle pourrait résister à l'invasion de poulets congelés brésiliens ou vietnamiens, etc., même avec un certain renchérissement des coûts de transport) mais auraient aussi pour effet d'obliger les pays qui veulent exporter à *s'aligner*, d'une manière ou d'une autre, pour accéder à notre marché. Et nos douaniers, devenus simples auxiliaires de lutte contre la contrefaçon pour protéger la rente de nos milliardaires du luxe *made in France*[69], retrouveraient un peu d'ardeur. En parallèle, nous pourrions facilement revoir totalement notre aide au « développement », qui continue à être fondée, malgré un léger vernis vert, sur l'exploitation des ressources locales : ouvrir des routes pour exploiter des mines ou des forêts, construire des barrages pour alimenter des usines, et agrémenter le tout de quelques constructions d'écoles primaires.

Quant à l'équivalent du *British African Squadron*, laissez-vous porter par votre imagination romantique ! Notre marine nationale pourrait aller poursuivre les bateaux qui pratiquent la pêche intensive ou en eaux profondes, nos commandos parachutistes pourraient aller réaliser des contrôles environnementaux chez nos fournisseurs étrangers, notre unique porte-avions pourrait croiser, quand il fonctionne, devant quelques paradis fiscaux insulaires (idées pas déplaisantes, mais qui pourraient nous attirer certaines inimitiés), ou, de manière plus posée, on pourrait imaginer par exemple des pressions sur les compagnies transnationales qui souhaitent exercer des activités en France.

Nous vivons une sorte de dilemme du prisonnier à toutes les échelles, personnelles, organisationnelles, étatiques... Nous savons qu'il faudrait bouger, mais le premier qui bouge est perdant. Quel boulanger oserait arrêter de distribuer des sacs en papier et en plastique si les autres boulangeries ne le font pas ? Quelle société commerciale oserait interrompre ses dépenses de publicité en premier, alors même que si elles arrêtaient toutes en même temps, dans certains secteurs où la dépense est nécessaire (lessive), la consommation et les parts de marchés de chaque concurrent ne bougeraient pas fondamentalement ? Il en est de même pour les États, à la différence que ceux-ci peuvent faire appel à un arsenal réglementaire non négligeable pour se protéger.

Qui sait, enfin, si quelques pays pionniers, ouvrant la voie, ne permettraient pas de faire bouger les autres ? Face à l'impossible gouvernance mondiale, pourquoi ne pas miser sur l'exemplarité, l'effet d'entraînement, l'« effet domino » ? Il est indéniable que l'activisme des

sociétés abolitionnistes et la décision unilatérale de l'Angleterre, bientôt suivie par d'autres, ont accéléré la fin de l'esclavage. Commençons donc par nous occuper de nos affaires, par expérimenter des voies possibles, avant de nous lamenter sur le nombre de Chinois et leur consommation de charbon et tenter de les convaincre de ne pas trop se « développer ».

La question de la mutation culturelle et morale

Du système de valeur : retour en grâce des métiers manuels

Pour fonctionner, la transition devra s'accompagner d'une revalorisation forte des métiers manuels : le responsable [305] marketing, le présentateur de télévision, l'expert-comptable ou le notaire sont aujourd'hui *socialement plus reconnus*, à tous les points de vue (rémunération et prestige), que le cordonnier, l'éboueur ou le maçon. Le *trader* se rassure sur son utilité sociétale — il est toujours moralement difficile de s'assumer totalement parasite — en expliquant qu'il permet au capital d'être utilisé de manière optimale. Pourtant, dans une vision purement utilitariste, les métiers manuels produisent plus de valeur matérielle pour la société, du concret, ce qui nous apporte du confort.

Il faudra — comment, c'est à voir — faire évoluer notre système de valeurs, le rééquilibrer. Cela passera sans doute au moins par la réduction des écarts de rémunération. Le pilote d'avion est bien payé parce qu'il a entre ses mains la responsabilité de nombreuses vies. Mais c'est aussi le cas du plombier qui intervient sur la colonne de gaz de votre immeuble. À la moindre erreur, tout le monde y passe !

Les héros de demain seront paysans, chiffonniers, cordonniers, mécaniciens, menuisiers, réparateurs d'électroménager ou d'informatique... tandis que banquiers, comptables, juristes, publicitaires ou « experts marché » devront tôt ou tard disparaître, ou au moins fortement diminuer en nombre. Les artisans et les ouvriers spécialisés, détenteurs du savoir, furent pendant

des siècles des professions respectées, pour certaines privilégiées, avant les ravages du taylorisme.

Un retour massif de l'artisanat et de la petite industrie, donc des métiers manuels, n'empêcherait pas de maintenir parallèlement la possibilité de mener des études poussées et intéressantes. Pourquoi ne pas imaginer une société où l'on n'orienterait pas les élèves vers les métiers manuels sur la base de l'échec scolaire ? Matthew Crawford[70] montre bien comment certains métiers prétendument « intellectuels » sont en fait devenus vides de sens, une sorte de prolétariat de cols blancs, tandis que les vrais métiers manuels font appel à l'intelligence — l'ébéniste ou le luthier qui va choisir l'arbre dans lequel fabriquer son ouvrage, le mécanicien qui analyse une panne de moteur, l'artisan du bâtiment qui s'adapte à l'imprévu -, sans parler du bon sens paysan.

On pourrait ainsi être diplômé de langues anciennes, puis devenir potier et continuer à lire, pendant ses heures de loisir — plus-nombreuses qu'aujourd'hui -, Sophocle et Euripide dans le texte. Ou une société où chacun partagerait son temps entre activités manuelles et intellectuelles : plombiers philosophes, instituteurs paysans... dans une version modernisée des paysans tisserands de l'Angleterre du XVIIIe, avant qu'on les entasse dans les filatures.

L'hyperspécialisation du travail a eu pour base la recherche permanente de productivité. Or cette productivité est devenue destructrice, en nécessitant une utilisation accrue d'énergie et de métaux (robotisation, machines, déplacements professionnels de spécialistes...), en accélérant les besoins en équipements technologiques (informatisation), en écartant une large population du marché de l'emploi, en obligeant à une consommation effrénée et vide de sens.

Sur le contenu et les objectifs de l'enseignement

Deux travers, deux mouvements de fond qui transforment l'école depuis plusieurs décennies comme ils transforment l'ensemble de la société, doivent être combattus et inversés.

L'utilitarisme d'abord : on ne cherche plus à forger des citoyens — si tant est qu'on l'ait jamais cherché : Bourdieu a montré en son temps le rôle de l'école dans la reproduction des élites et son efficacité à faire en sorte que chacun apprenne à rester à sa place[71]. Le but de l'école est d'offrir aux élèves la meilleure « employabilité » en sortie de cursus, on éduque les

futurs employés à la flexibilité, à l'adaptabilité, au fonctionnement en mode « projet », aux bases de « *globish* » (*global english*) qui sont désormais nécessaires aux entreprises dans un monde en évolution permanente[72].

Dans cette logique, on se concentre sur les matières réputées les plus « utiles », avec nette prédominance des enseignements scientifiques. Sous prétexte d'efficacité, les nouvelles technologies envahissent l'école, ordinateurs puis tableaux numériques et tablettes, en attendant les professeurs virtuels qui sont apparus dans les entreprises à la pointe de l'*e-learning*. Nul doute que le rouleau compresseur est en marche, avec des évolutions à venir proprement hallucinantes, comme l'abandon de l'apprentissage de l'écriture cursive. Bah, quand on peut taper sur un clavier... C'est chose faite ou presque aux États-Unis, comme toujours « en avance ». Quand cessera-t-on de citer ce pays en exemple[73] ?

Ce qui est comique, c'est que nos soixante-huitards ont souvent fait de brillantes carrières dans les entreprises ou les administrations sans en passer par cet utilitarisme... Avec le *curriculum vitae* de nos ex-trotskistes et leurs études de socio ou de philo, bon courage aujourd'hui pour décrocher un job !

Au lieu de construire des têtes bien faites (mais avec le risque d'élever leur niveau d'esprit critique), on fabrique des têtes bien pleines d'une panoplie de « techniques ». « Substituer le réveil de l'éducation à l'éveil du savoir, c'est étouffer dans l'homme le poète, geler son pouvoir de donner sens au monde »[74]. Ne vaudrait-il mieux pas se focaliser sur des fondamentaux, le savoir-être plutôt que le savoir-faire, l'éveil de la curiosité j'la morale et la philosophie, la poésie et le théâtre, la musique, l'histoire, les arts, les « humanités », bref, la culture au sens large, mais sans délaisser pour autant les techniques fondamentales, et surtout leur histoire ? Apprendre les langues anciennes pour comprendre d'où l'on vient ? Initier aux savoirs ancestraux, comme le tissage, la couture ? Ne pas fabriquer des enfants « hors sol » et leur expliquer comment le monde quotidien fonctionne, en organisant des visites en usine, en atelier, en décharge, en station d'épuration, et en reliant ces sorties à l'apprentissage des sciences et techniques ? Apprendre à cliquer sur une souris, est-ce nécessaire en maternelle ? Je n'ai pas appris à cet âge, et pourtant je me débrouille plutôt bien.

Le consumérisme ensuite. L'école n'est plus une institution qui impliquait des droits, mais aussi des devoirs, elle est devenue un lieu de « consommation de savoir ». Les relations parents-professeurs et élèves-professeurs n'ont cessé de se dégrader. Les professeurs ne sont plus respectés ni reconnus, et sans doute l'arrivée d'une génération d'enseignants à la vocation peut-être

moins prononcée, mal rémunérés, moins bien formés, abandonnés face aux difficultés et à la violence sociale, n'a pas dû aider. Et si les élèves sont censés, plus que jamais, être préparés à la logique de la compétition libérale, l'effort et le mérite sont de moins en moins reconnus et les médias encensent la réussite facile.

Comment rendre la transition désirable : vive les low tech.

Dans une société démocratique — et souhaitons qu'elle le reste comment faire pour convaincre le plus grand nombre de la nécessité, de l'intérêt de changer ?

Catastrophisme éclairé...

Bien sûr il y a les rapports, les livres épais. L'annonce répétée des catastrophes à venir peut-elle convaincre les « masses » ? La température qu'il fera dans un siècle, malheureusement à peu près tout le monde s'en moque ! La preuve, c'est que le monde continue à tourner tel qu'il est malgré l'énormité des annonces.

[310] Je ne crois pas à la solidarité intergénérationnelle : beaucoup trop de gens tirent le diable par la queue sur cette planète. Le total des dépenses contraintes augmente, et les choses risquent de devenir toujours plus difficiles, tandis que la croissance matérielle n'est plus possible, compte tenu des disponibilités limitées en énergie, en matières premières (pour la production industrielle) et en terres disponibles (pour la production alimentaire). Masquée par la déflation de nos chinoiseries importées, l'inflation sur les produits de base est de retour. Il n'y a qu'à se rappeler les prix des produits de base avant le passage à l'euro et les comparer aux statistiques officielles pour s'en convaincre. Et cette inflation des prix n'est et ne sera pas, comme celle des années 1970, corrélée à celle des salaires.

Dans ces conditions, ne misons pas sur l'esprit de sacrifice. S'il faut convaincre nos concitoyens de se serrer la ceinture un peu plus, pendant une, deux générations ou plus, pour

que nos descendants vivent un peu moins mal, *mais peut-être seulement*, mieux vaut oublier tout de suite et s'envoler pour les Bahamas, enfin, les Maldives.

... ou magie des lucioles !

La seule solution, c'est de rendre la transition désirable, nous convaincre que changer peut nous libérer, nous rendre plus heureux, nous faire vivre dans un monde plus juste, tout de suite, dès le départ, car, comme l'a dit Lao Tseu,

« le but n'est pas seulement le but, mais le chemin qui y conduit ».

Prenons l'exemple des automobiles. Il ne s'agit pas d'enfourcher son vélo pour sauver les générations futures de la famine ou éviter que nos descendants ne se transforment en *ferrailleurs-cueilleurs*, hordes errantes puisant dans l'énorme stock métallique de nos villes désertées et de nos zones industrielles désaffectées. Si j'enfourché mon vélo seul, je suis, comme dans le dilemme du prisonnier, le perdant, et je me retrouve avec tous les inconvénients, vapeurs nauséabondes, temps perdu, dangerosité, et des avantages limités (une certaine satisfaction morale de « bien » agir) qui ne les compensent qu'en partie. Mais si tout le monde arrête *en même temps*, alors là c'est autre chose ! La fin du bruit, de la pollution, d'une bonne partie du stress, puis le chant des oiseaux et, bientôt, qui sait, en combinant arrêt des pesticides et de l'éclairage nocturne intempestif, le retour des lucioles et des vers luisants ! Depuis quand n'avez-vous pas vu de lucioles ?

Bien sûr qu'un monde de basses technologies, c'est la perte d'un certain « confort » matériel. Mais il faut imaginer aussi tout ce qu'il a fallu céder en échange, tout ce que l'on a déjà perdu depuis notre entrée dans l'« Anthropocène » : « Les visages hâves des malheureux qui languissent dans les infectes vapeurs des mines, de noirs forgerons, de hideux Cyclopes, sont le spectacle que l'appareil des mines substitue, au sein de la terre, à celui de la verdure et des fleurs, du ciel azuré, des bergers amoureux, et des laboureurs robustes, sur sa surface »[75].

La décrue de la consommation matérielle pourrait permettre de redécouvrir, rapidement, de nombreuses joies simples, poétiques, philosophiques, d'une nature ressourcée et retrouvant toute sa place, tandis que l'économie sur le stress et le temps de travail permettrait de

développer toutes les activités culturelles ou de bien-être comme les spectacles, le théâtre, la musique, le jardinage ou le yoga...

Et, enfin et surtout, la transition permettrait de redonner un espoir et un projet de vie, notamment aux plus jeunes, ceux qui sont nés après Tchernobyl (et la découverte de la « fragilité de [s]a puissance »[76]) et Thatcher (*There is no alternative*), qui se sont mithridatisés au rythme des rubriques « société et environnement » des médias. Chaque jour ou presque, une annonce catastrophique chasse l'autre : lundi, les phtalates franchissent le placenta ; mardi, les OGM se disséminent ; mercredi, les glaciers fondent ou les eaux montent ; jeudi, les forêts reculent ; vendredi, le thon rouge disparaît (le vendredi c'est poisson au menu). Mesure-t-on l'effet cognitif de deux décennies à ce rythme ? Je ne sais pas si j'aurais fait de brillantes études face à une telle désespérance, car à quoi bon passer son bac juste avant la fin du monde ?

Pas d'alternative, vraiment ? Eh bien réfléchissons, tentons, expérimentons, tant pis si ça ne fonctionne pas, au moins nous aurons essayé quelque chose ! Et quel bonheur, entre-temps, d'ouvrir une nouvelle brèche, une perspective différente de celle d'un système à bout de souffle.

Finir sur une note positive

Face à un constat sans appel, des solutions incertaines se dessinent. Mais, vu l'ampleur des changements à opérer, dans tous les domaines et en si peu de temps, disons moins d'une génération idéalement, le découragement guette. Le syndrome du *Titanic*, ce n'est pas seulement l'orchestre qui continue à jouer alors que le paquebot coule. C'est aussi l'inertie du système, la difficulté ou l'incapacité à éviter l'obstacle, en commençant à tourner la barre trop tard. Pourrons-nous éviter l'iceberg, dans un monde si imbriqué, si compliqué, si ancré dans ses (mauvaises) habitudes ? Tous les problèmes agissent entre eux comme des facteurs aggravants, se renforcent par des boucles de rétroaction positive (cf. acte I). Le bateau prend l'eau de toutes parts, et les brèches grossissent. Alors est-il trop tard ?

Bien au contraire. Car l'intérêt de la boucle de rétroaction positive, c'est qu'elle marche très bien dans les deux sens : si l'on baisse le besoin en matières premières par exemple, on accélérera la baisse de la demande énergétique ; l'agriculture biologique pour conserver la productivité des sols baissera le besoin en intrants, et en conséquence en énergie et en matières

premières ; la restauration des sols et des rendements baissera la pression sur les forêts tropicales qui sont défrichées pour compenser des terres épuisées...

Pour rester dans les moyens de transport, notre système économique ressemblerait donc plus — métaphore malheureuse — à une voiture « survireuse » qu'à un paquebot. Si nous avons, collectivement, le courage de nous décider à tourner le volant, par un ensemble de mesures à peu près cohérentes, réglementaires, fiscales, douanières, culturelles, alors tout pourrait s'enchaîner très rapidement, en veillant aux dérapages éventuels.

Halte au fatalisme donc : si la transition est nécessaire, elle est surtout possible. Et nous en avons largement les moyens techniques, financiers, sociaux ou organisationnels. Notre vieille planète est fatiguée, mais elle en a vu d'autres et nous pourrions être surpris par ses capacités de récupération, dès que l'on commencera à inverser les tendances actuelles. Elle n'attend que ça pour embrayer...

Épilogue : Rêve s'il en fut jamais

[317]Le monde est devenu fou. « Ils » sont devenus fous, et, si cela continue, nous finirons par le devenir aussi ! Ce « progrès » que l'on n'arrête pas prend des formes loufoques et inattendues. Désormais, à la belle saison, sur la plage de Pornichet-La Baule, un petit engin motorisé nettoie le sable *pour enlever les morceaux de coquillage* afin de préparer la plage aux touristes... Qui a bien pu prendre une décision pareille ? Des élus qui ont peur d'un recours collectif, d'une *class action* de baigneurs aux pieds écorchés ? Des consultants qui ont réalisé un *benchmarking* en comparant ce qui se pratique aux Sables-d'Olonne ou à Lacanau ? Mais enfin, personne ne leur a fait remarquer que le sable est justement composé, pour partie, de ces morceaux de coquillages ?

Les choses sont allées trop loin. Autant se l'avouer, on ne sauvera pas la planète, ou plutôt une humanité civilisée sur la planète, en fermant le robinet lorsque l'on se lave les dents et en comptant sur nos ingénieurs thaumaturges et nos *businessmen* pour le reste. Il est temps de reprendre notre destin en main.

Concrètement, qu'est-ce que cela veut dire ?

Résistons aux sirènes de tout bord qui nous promettent le meilleur des mondes, avec un confort, une mobilité et une consommation inchangés, tout en ne polluant pas, ces bonimenteurs qui clament : « Qu'elle est verte, ma technique ! » Non, nous ne pouvons plus nous permettre de continuer à consommer comme des porcs, à produire et jeter comme des goujats, grâce à l'économie circulaire et aux énergies renouvelables, avec quelques petits aménagements à la marge, ici et là.

Sur cette Terre, malheureusement, toute action a un impact, « il n'y a pas de repas gratuit »[77]. Quand le réseau électrique n'existait pas et que l'on s'éclairait encore à l'huile de cachalot en attendant le pétrole, la vie était précaire sur les baleiniers, quand il fallait harponner le Léviathan à la main, avant l'invention du canon lance-harpon. Et Herman Melville s'écriait : « Pour l'amour de Dieu ! Soyez donc économes de vos lampes et de vos bougies ! Il n'est pas un litre d'huile que vous brûlez qui n'ait coûté une goutte de sang humain »[78]. Même si nous

faisons mine de ne pas le voir, rien n'a vraiment changé aujourd'hui... Les hommes, les forêts, les océans, les sols, les rivières, en bas de chez nous comme à l'autre bout de la planète, ploient sous la pression de notre vie dispendieuse.

J'essaie pour ma part de transmettre cette vérité première à mes enfants, depuis leur plus jeune âge. Peut-être un peu trop tôt car ça a donné : « Avec papa on ne prend pas l'ascenseur, ça tue les orangs-outans ». Une légère confusion avec le moratoire introduit à la maison sur (presque) tous les gâteaux industriels et leur huile de palme, alors que j'essayais d'économiser l'électricité, qui concernerait plutôt, pour rester dans le domaine mammalien, l'ours polaire — changement climatique oblige. Et si, chez nous, le père Noël fait un peu la sourde oreille sur les jouets et les équipements *high tech*, ils ne m'ont pas l'air plus malheureux pour autant, bien au contraire.

Partout, quand c'est possible, à toutes les échelles territoriales, à la maison, au travail, en famille, pour les loisirs, ralentissons, simplifions, débranchons, réduisons. Privilégions les objets durables, de basse technologie — la chignole, dans la plupart des cas, doit pouvoir remplacer la perceuse low cost qui ne servira pas plus de quelques dizaines de minutes dans toute sa vie -, qui résisteront mieux aux soubresauts à venir du système. Préférons les activités productives, les choses concrètes, la terre, la pierre, les plaisirs simples.

Retrouvons un peu d'audace, osons, inventons, bricolons. Et même si cela ne suffira pas à sauver la planète, n'hésitons pas à traduire au quotidien quelques principes, des actes les plus simples aux plus engageants, au choix. *Primum non nocere* (d'abord ne pas nuire), voilà un précepte hippocratique que nous devrions appliquer plus souvent, avant de vouloir faire de la « médecine planétaire » à coups de géo-ingénierie hasardeuse[79] ! Utiliser des sacs plastique biodégradables pour transporter ses courses, c'est sans doute un peu mieux, sûrement. Ou des sacs en papier, encore mieux sans doute. Mais pourquoi ne pas réutiliser ses sacs d'une fois sur l'autre, papier ou plastique ? [320]Ou ne plus utiliser de sac jetable du tout ? Je mets mon pain dans un sac en toile, tout bonnement ce que tout le monde faisait il n'y a pas trente ans, et je dois être le seul du quartier car mon boulanger me regarde toujours un peu bizarrement. Mais n'ayons pas peur d'être ridicules, d'être pionniers, d'être pédagogues, d'être curieux, d'être exemplaires, d'être moralisateurs, de (re) parler à nos voisins, aux commerçants ou aux collègues, de remettre en cause un peu de notre confort et de nos certitudes.

Toujours interrogeons-nous : Est-ce que je peux faire sans ? Est-ce que je peux faire moins ? Est-ce que je peux faire plus simple ? Et d'ailleurs, pourquoi est-ce que je dois faire ? Et ne

pourrais-je faire avec ce qui existe déjà ?

Choisissons, parfois, d'en faire le moins possible. D'abord ne pas nuire, encore, ne pas détruire ce qui peut davantage être préservé. Ce serait déjà une vraie révolution, tant nous en sommes éloignés aujourd'hui. Ensuite, peut-être ne pas s'acharner à « réparer » à tout prix, regarder avec circonspection les réhabilitations de certains sites industriels — quand la dépollution consiste à racler la terre polluée pour aller l'enfouir ailleurs.

Retrouvons les vertus de la réglementation, même de l'interdiction, et ne comptons pas seulement sur l'« efficacité du marché ». Attaquons-nous aux gros morceaux de la consommation où les mesures peuvent être rapides, efficaces, exemplaires, visibles : chasser la bagnole de partout, tout en l'allégeant et en limitant sa vitesse ; réduire les déchets de la grande consommation, en introduisant des restrictions sur les emballages, en imposant quelques formats uniques de bouteilles pour introduire une consigne universelle et la réutilisation systématique ; généraliser le bio et les circuits courts dans l'agriculture ; réglementer les ventes de produits jetables, de jouets, de piles... Introduisons des barrières douanières, tarifaires, réglementaires, normatives, pour refuser l'inévitable nivellement vers le bas, la pression à la baisse sur les prix, les conditions sociales et environnementales et la qualité des produits.

Luttons, en priorité, contre l'irréversible, notamment l'artificialisation des terres, l'empoisonnement des sols, l'étalement urbain et les derniers éléphants blancs des travaux publics, autoroutes, lignes ferroviaires à grande vitesse, tunnels ou canaux. Créons des associations, assignons en justice, soyons pénibles, interpellons nos élus qui se complaisent, par habitude, pour leur gloriole personnelle ou pour des raisons moins avouables, dans le saccage de nos territoires.

Arrêtons de pondre des rapports de prospectives sur la tonne de $C0_2$ et le *mix* énergétique en 2030 ou 2050, dont on connaît les résultats d'avance : le futur sera formidablement mieux qu'aujourd'hui. Le monde va trop vite, il n'est plus pensable de prévoir ce que pourront être les évolutions et les conséquences locales, vu la complexité du système, son imbrication mondiale, mais également ses incroyables capacités d'adaptation et d'innovation — pour le meilleur et pour le pire. Au lieu de cela, prenons des décisions immédiates et courageuses.

Résistons à toutes les évolutions qui complexifient le système, remplacent l'humain par la machine, dans les services publics, les entreprises, les commerces, les activités quotidiennes. Révoltons-nous contre l'incroyable gabegie que représente la consommation ostentatoire, en particulier celle des plus riches. Limitons, taxons, interdisons et saisissons si nécessaire. Certes,

mes préconisations sont sans doute un peu liberticides. Mais le principe fondamental, hérité des Lumières dont nous sommes encore si fiers, c'est bien que la liberté des uns s'arrête là où commence celle des autres, non ? Or nous n'avons qu'une seule planète : et si quelques-uns veulent la pourrir, alors il va nous falloir discuter sérieusement. Comment accepter dans ces conditions l'existence d'une classe d'ultrariches ?

Secouons et réveillons nos timides hommes et femmes politiques, réduits à n'être que des (piètres) gestionnaires, tentant de ménager la chèvre et le chou, dépassés par la complexité du monde et tétanisés par tout changement d'ampleur, qui risquerait de compromettre les résultats des prochaines élections. Leur indigence intellectuelle et leur absence de perspective sont proprement stupéfiantes. Mieux vaudrait pourtant qu'ils prennent, au plus vite, la mesure des frustrations et de la désespérance qui sont et seront générées par la tentative de statu quo. Parfois, l'Histoire s'accélère de manière surprenante, pas toujours dans le bon sens, et les signes avant-coureurs actuels ne présagent rien de bon.

Enfin, au lieu de nous lamenter sur les renoncements qui seront nécessaires, rêvons à la manière dont nous pourrions transformer notre système économique, et nos vies. Convainquons-nous que nous méritons un monde bien plus charmant, [323] bien plus agréable, une société plus solidaire et plus joyeuse, une civilisation apaisée, respectueuse de la nature et techniquement soutenable. Et, surtout, que nous en avons les moyens.

Pour ce faire, j'aurais pu construire une utopie, et vous entraîner, par exemple, dans un rêve parisien, comme Louis-Sébastien Mercier. Parler d'une cité verte « idéale » aux pavés enherbés, aux parterres de jachères fleuries, aux lierres, glycines, passiflores et vignes vierges courant sur les façades, aux productions légumières et fruitières dans les anciens parcs. Décrire la conquête des avenues débarrassées des voitures, remplacées par les terrasses, les joueurs d'échecs, les activités sportives, musicales, artistiques, les vide-greniers. M'enchanter du retour de la nature, chauves-souris et mésanges dans les cours d'immeubles, abeilles et guêpes sur les marchés, mais aussi — eh non, il n'y aurait pas que des choses bien, vous êtes prévenus — mouches bleues bourdonnantes sur l'étal du boucher et du poissonnier. Ou m'entretenir du nouveau système économique, culturel, moral, politique, avec d'imaginaires citoyens joyeux de l'âge des *low tech*.

Mais n'est pas Mercier qui veut. Alors « En attendant, tâchons de rendre les choses passables, ou, si c'est encore trop, rêvons du moins qu'elles le sont. [...] Ô mes chers concitoyens ! Vous que j'ai vus gémir si fréquemment sur cette foule d'abus dont on est las de se plaindre,

quand verrons-nous nos grands projets, quand verrons-nous nos songes se réaliser ! Dormir, voilà donc notre félicité »[80].

Remerciements

Merci à Christophe Bonneuil, Hugo Carton, Yves Cochet, Alain Gras, Jacques Grinevald, Sophie Jeantet, Christophe Laurens, Pietro Majno, Laurent Pré, Maxime Oberlé, Agnès Sinaï, Xavier Verne, pour, au choix, leur soutien, leur relecture attentive du manuscrit, leurs suggestions et leurs conseils, ou quelques bonnes conversations.

Un merci complémentaire à Christophe, pour avoir eu confiance dans le projet, et à Xavier, sans qui le chapitre « Nouvelles technologies » aurait été bien moins documenté et savoureux.

Merci enfin aux Éditions du Seuil, notamment de s'être engagées sur le choix d'un papier 100% recyclé.

NOTES

1. Antoine de Saint-Exupéry, *Pilote de guerre*, Paris, Gallimard, 1942, p. 115.

2. État de tension désagréable provoqué par des « connaissances, opinions ou croyances sur l'environnement, sur soi ou son propre comportement » incompatibles entre elles (Leon Festinger, Henry Riecken et Stanley Schachter, *L'Échec d'une prophétie* [1956], Paris, PUF, 1993).

3. « Le vrai me plaît, le vrai seul est durable » (Voltaire, *La Pucelle d'Orléans*, Genève, 1752).

4. Bertrand Méheust, *La Politique de l'oxymore*, Paris, La Découverte, 2009.

5. Marshall Sahlins, *Âge de pierre, âge d'abondance*, Paris, Gallimard, 1976.

6. Franz J. Broswimmer, *Écocide, une brève histoire de l'extinction en masse des espèces*, Paris, Parangon, 2003.

7. Alain Gras, *Le Choix du feu*, Paris, Fayard, 2007.

8. Daniel Robineau, *Une histoire de la pêche à la baleine*, Paris, Vuibert, 2007.

9. Henry Hobhouse, *Les Graines du changement*, Orléans, Regain de lecture, 2012.

10. John Kenneth Galbraith, *L'Argent*, Paris, Gallimard, 1976.

11. Jean-Baptiste Fressoz, *L'Apocalypse joyeuse*, Paris, Seuil, 2012.

12. André Guillerme, *Les Temps de l'eau*, Paris, Champ Vallon, 1983.

13. David Edgerton, *Quoi de neuf ?*, Paris, Seuil, 2013.

14. David R. Montgomery, *Dirt: the Erosion of Civilizations*, Berkeley, University of California Press, 2008, et Daniel Nahon, *L'Épuisement de la terre*, Paris, Odile Jacob, 2008.

15. Jean Mazoyer et Laurence Roudart, *Histoire des agricultures du monde*, Paris, Seuil, 1997.

16. Marc Levinson, *The Box*, Paris, Max Milo, 2011.
17. Karl Polanyi, *La Grande Transformation* (1946), Paris, Gallimard, 1983.
18. Clifford D. Conner, *Histoire populaire des sciences*, Montreuil, L'Échappée, 2011.
19. Philippe Bihouix et Benoît de Guillebon, *Quel futur pour les métaux ?*, Les Ulis, EDP Sciences, 2010.
20. Plutarque, *Œuvres morales, Comment il faut nourrir les enfants*, traduction Jacques Amyot.
21. Serge Latouche, *Bon pour la casse*, Paris, Les Liens qui libèrent, 2012.
22. Pièces et main-d'œuvre, *Aujourd'hui le nanomonde*, Montreuil, L'Échappée, 2008.
23. Herman Melville, *Moby Dick* (traduction Jean Giono), Paris, Gallimard, 1941, p. 73.
24. Ivan Illich, *La Convivialité*, Paris, Seuil, 1973, p. 13.
25. Adam Smith, *Recherches sur la nature et les causes de la richesse des nations*, 1776.
26. Matthew B. Crawford, *Éloge du carburateur*, Paris, La Découverte, 2012, p. 52.
27. Émile Wilh, *Les Métaux*, Paris, Furne, Jouvet & Cie, s.d. (*circa* 1860), p. 354.
28. *Ibid.*, p. 355.
29. Nicolas Lambert, *Avenir radieux, une fission française* (spectacle).
30. Matthew B. Crawford, *Éloge du carburateur*, *op. cit.*
31. Nikolaus Geyrhalter, *Notre pain quotidien*, KMBO, 2007, ou Erwin Wagenhofer, *We Feed the World*, Zootrope Films, 2007.
32. Jacques Ellul, *Le Système technicien*, Paris, Calmann-Lévy, 1977, p. 74.
33. Bernard Charbonneau, *L'Homme naturel*, Paris, Denoël, 1967, p. 123.
34. François Cavanna, *Les Ritals*, Paris, Belfond, 1978.
35. Ivan Illich, *Énergie et équité*, Paris, Seuil, 1975.
36. Éric Hamelin et Olivier Razemon, *La Tentation du bitume*, Paris, Rue de l'Échiquier, 2012.
37. Bernard Charbonneau, *L'Homme naturel*, *op. cit.*, p. 74.
38. Emmanuel Kant, *Fondation de la métaphysique des mœurs* (1785), Paris, Garnier-Flammarion, 1999, traduction Alain Renaut.
39. Hervé Kempf, *Comment les riches détruisent la planète*, Paris, Seuil, 2007.
40. Académie des technologies, *Longévité de l'information numérique*, rapport, 2010.
41. Aldous Huxley, *Le Meilleur des mondes*, Paris, Plon, 1932.
42. Alfred Sauvy, « Subsistances et matières premières », *Revue économique*, vol. 3, n° 1, 1952, p. 91.

43. David Graeber, *Dette, 5 000 ans d'histoire*, Paris, Les Liens qui libèrent, 2013.

44. Recension de Greg Campbell, « Diamants du sang ». *Le Monde diplomatique*, mai 2013.

45. Jared Diamond, *Le Troisième Chimpanzé*, Paris, Gallimard, 2000.

46. Paul Valéry, *Regards sur le monde actuel*, Paris, Stock, 1931, p. 63.

47. Jean-Claude Michéa, *L'Empire du moindre mal*, Castelnau-le-Lez, Climats, 2007, et *La Double Pensée*, Paris, Flammarion, 2008.

48. Laurens Van der Post, *Le Monde perdu du Kalahari*, Paris, Payot & Rivages, 1996, p. 296.

49. Dominique Le Brun & Collectif, *Les Baleiniers, Témoignages 1820-1880*, Paris, Omnibus, 2013, p. 301.

50. Richard Fleischer, *Soleil vert*, Metro Goldwyn Mayer, 1973.

51. Plutarque, *Les Vies des hommes illustres*, « Vie de Solon », traduction Jacques Amyot.

52. Harmut Rosa, *Accélération*, Paris, La Découverte, 2010.

53. Martin Monestier, *Histoire et bizarreries sociales des excréments*, Paris, Le Cherche midi, 1997.

54. Jean-Claude Michéa, *L'Empire du moindre mal*, *op. cit.*

55. Serge Latouche, *Bon pour la casse*, *op. cit.*

56. Joseph A. Tainter, *L'Effondrement des sociétés complexes*, Le Retour aux sources, 2013.

57. Hervé Kempf, *Comment les riches détruisent la planète*, *op. cit.*

58. François Partant, *Que la crise s'aggrave !*, Solin, 1979, et Gilbert Rist, *Le Développement, histoire d'une croyance occidentale*, Paris, Presses de Sciences Po, 2001.

59. Harmut Rosa, *Accélération*, *op. cit.*

60. Michael Madsen, *Into Eternity*, Dogwoof, 2011, sur le site d'enfouissement finlandais Onkalo.

61. Svetlana Alexievitch, *La Fin de l'homme rouge*, Arles, Actes Sud, 2013.

62. Hervé Kempf, *L'Oligarchie, ça suffit, vive la démocratie*, Paris, Seuil, 2011.

63. Bertrand Méheust, *La Politique de l'oxymore*, *op. cit.*

64. George Orwell, *1984*, Paris, Gallimard, 1949.

65. John Kenneth Galbraith, *Le Nouvel État industriel*, Paris, Gallimard, 1968.

66. Henry Hobhouse, *Les Graines du changement*, *op. cit.*

67. Collectif Adret, *Travailler deux heures par jour*, Paris, Seuil, 1977.

68. Marshall Sahlins, *Âge de pierre, âge d'abondance*, *op. cit.*

69. François Ruffin, *Leur grande trouille*, Paris, Les Liens qui libèrent, 2011.

70. Matthew B. Crawford, *Éloge du carburateur*, *op. cit.*

71. Pierre Bourdieu et Jean-Claude Passeron, *La Reproduction*, Paris, Éditions de Minuit, 1970.

72. Luc Boltanski et Ève Chiapello, *Le Nouvel Esprit du capitalisme*, Paris, Gallimard, 1999.

73. Emmanuel Todd, *Après l'empire*, Paris, Gallimard, 2002.

74. Ivan Illich, *La Convivialité*, *op. cit.*, p. 92.

75. Jean-Jacques Rousseau, *Œuvres posthumes*, Genève, 1781.

76. Alain Gras, *Fragilité de la puissance*, Paris, Fayard, 2003.

77. Barry Commoner, *L'Encerclement : problème de survie en milieu terrestre*, Paris, Seuil, 1972. La citation originale est « *There is no such thing as a free lunch* ».

78. Herman Melville, *Moby Dick*, *op. cit.*, p. 212.

79. Clive Hamilton, *Les Apprentis sorciers du climat*, Paris, Seuil, 2013.

80. Louis-Sébastien Mercier, *L'An 2440. Rêve s'il en fut jamais*, Paris, 1771.

CRÉDITS

Tous les shémas sont de l'auteur.
Tous les copyrights photos sont : © Fotoli

Figure 1

Produits pétroliers : © Dmitry Koksharov. Gaz : © Andrei Merkulov. Charbon et dérivés : © Mexrix. Eau : © Carbo82. Minéraux non métalliques : © Illustrez-vous. Biomasse et bois : © Angelo Lano. Métaux : © You can more. Transports : © Thomaslerchphoto. Gaz à effet de serre : © Jelwolf. Déchets de BTP : © Romantsubin. Déchets industriels non dangereux : © Popmiba. Déchets industriels dangereux : © RealPhotoItaly. Déchets ménages et collectivité : © Kanvog. Sols artificialisés : © Stefan Körber

Figure 7

Huiles : © Markus Langer Sucres : © Grecaud Paul. Lignine : © Leonid Ikan. CO_2 : © Moultipix.

Figure 10

Automobile : © Rafael Ben-Ari. Construction : © Tiberius Gracchus. Emballage : © Seer